

Bachelorarbeit

Auswirkungen des Klimawandels auf durch Stechmücken übertragene Infektionskrankheiten – Eine Risikobewertung für Hamburg

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN HAMBURG

FAKULTÄT LIFE SCIENCES

DEPARTMENT GESUNDHEITSWISSENSCHAFTEN

vorgelegt von: Johanna Heimfarth

Matrikelnummer: XXXXXXXXXX

Erstgutachter: Prof. Dr. (mult.) Dr. hc (mult.) Walter Leal

Zweitgutachterin: M. Sc. Juliane Bönecke

Datum: 16.08.2018

I. Abstract

Infektionskrankheiten, die durch Stechmücken übertragen werden, gewannen innerhalb der letzten Jahre auf europäischer Ebene an Bedeutung. Neben multiplen Einflussfaktoren, die im Zusammenhang mit der Globalisierung stehen, rücken Auswirkungen durch klimatische Veränderungen immer weiter in den Fokus. Auch in Deutschland werden zunehmend invasive Stechmückenarten in den südlichen und südwestlichen Bundesländern vorgefunden, sodass eine gesteigerte Verbreitung und Populationsdichte für die Zukunft nicht ausgeschlossen werden kann. Ziel dieser Arbeit ist es, die klimatischen Voraussetzungen der Metropolregion Hamburg in Bezug auf stechmückenübertragene Krankheiten zu analysieren und, mit Hilfe bestehender Daten zur vorherrschenden Stechmückenpopulation eine Risikoeinschätzung zur potenziellen Etablierung invasiver Arten und der Infektionswahrscheinlichkeit mit verschiedene Viren abzugeben. Einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit bildet eine Querschnitterhebung in der Hamburger Bevölkerung, welche Wissen, Erfahrung und Bewusstsein gegenüber Stechmücken und durch sie übertragene Krankheiten sowie einer Einschätzung der potenziellen Gesundheitsgefährdung im Zusammenhang mit klimatischen Veränderungen darlegen soll. Mit einem Stichprobenumfang von n=280 ermittelte die vorliegende Arbeit zusätzlich die Haltung der Bevölkerung gegenüber Stechmücken, um Aussagen über den Bedarf an gesundheitlichen Aufklärungsmaßnahmen treffen zu können und so einer Gesundheitsgefährdung präventiv vorzubeugen. Durch Sekundäranalysen des aktuellen Hamburger Klimaberichts und einer Studie des Bernhard-Nocht-Instituts für Tropenmedizin wurde die Entwicklung des Klimas und der Stechmückensituation in Hamburg analysiert und dargelegt sowie Annahmen für die Zukunft getroffen. Die Ergebnisse zeigen, dass die klimatischen Projektionen für Hamburg grundlegend als ein Risikopotenzial für die Verbreitung und Etablierung invasiver Stechmückenarten eingeschätzt werden können. Einige klimatische Einflussgrößen unterliegen jedoch hohen Schwankungen, sodass es sich schwierig gestaltet verbindliche Aussagen zu treffen. Die Analyse von Extremwetterereignissen, wie Stürmen und Überschwemmungen in Verbindung mit hohen Temperaturen können sich begünstigend auf die Entwicklung und Etablierung von invasiven Stechmücken auswirken. Die Erhebung in der Bevölkerung legt dar, dass hinsichtlich des zukünftigen Gesundheitsrisikos Differenzen in der Einschätzung vorliegen und demnach die Anwendung von Schutzmaßnahmen genauer reflektiert werden muss. Durch verschiedene methodische Ansätze verleihen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit dem Thema Stechmückenübertragene Krankheiten einen neuen Blickwinkel in Hamburg.

Keywords: Klimawandel · Mosquito-borne diseases · Stechmücken · Metropolregion Hamburg

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| I. Abstract | |
| II. Abbildungsverzeichnis | |
| III. Tabellenverzeichnis | |
| IV. Abkürzungsverzeichnis | |
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Zielstellung | 3 |
| 3. Klimawandel und Gesundheit | 5 |
| 3.1. Infektionskrankheiten | 6 |
| 3.2. Vektorübertragene Krankheiten und deren Einflussfaktoren | 8 |
| 3.3. Stechmückenübertragene Krankheiten | 10 |
| 3.3.1. Entwicklung von MBDs in Europa | 12 |
| 3.3.2. Einführung und Etablierung invasiver Arten in Europa | 14 |
| 3.4. Klimatrends in Europa | 17 |
| 3.5. Stechmückensituation in Deutschland | 19 |
| 3.6. Rolle der Bevölkerung im Zusammenhang mit Vermeidungsstrategien | 20 |
| 4. Methodik | 21 |
| 4.1. Klimatische Entwicklungen und Prognosen | 21 |
| 4.2. Entwicklung und Verbreitung der Stechmückenpopulation | 23 |
| 4.3. Datenerhebung und Analyse der Bevölkerungsumfrage | 23 |
| 4.3.1. Studiendesign | 23 |
| 4.3.2. Stichprobenpopulation und -generierung | 24 |
| 4.3.3. Messinstrument | 24 |
| 4.3.4. Datenanalyse | 25 |
| 5. Ergebnisse | 27 |
| 5.1. Klimatische Bedingungen in Hamburg | 27 |
| 5.1.1. Temperatur | 27 |
| 5.1.2. Niederschlag | 29 |
| 5.1.3. Luftfeuchtigkeit | 30 |
| 5.1.4. Windbewegung | 30 |
| 5.1.5. Extremwetterereignisse und Stadtklima | 31 |
| 5.2. Stechmücken und MBDs in Hamburg | 32 |
| 5.3. Bevölkerungsperspektive | 33 |
| 5.3.1. Demografische Zusammensetzung der Stichprobe | 33 |
| 5.3.1. Kenntnisse | 34 |
| 5.3.2. Erfahrung mit Stechmücken | 34 |
| 5.3.3. Schutzmaßnahmen | 34 |
| 5.3.4. Zukunftsperspektive | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3.5. Korrelationsanalyse | 36 |
| 6. Diskussion..... | 37 |
| 6.3. Methodendiskussion | 37 |
| 6.4. Ergebnisdiskussion | 38 |
| 7. Fazit und Ausblick..... | 43 |
| V. Literaturverzeichnis | 46 |
| VI. Anhang..... | 51 |
| VII. Eidesstattliche Erklärung | 63 |

II. Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Expositionspfade Klimawandel und Gesundheit | 6 |
| Abbildung 2: Übertragungswege von MBDs | 11 |
| Abbildung 3: Isolation or direct detection of European arboviruses..... | 13 |
| Abbildung 4: Verbreitung Ae. Albopictus in Europa..... | 15 |
| Abbildung 5: Verbreitung Ae. Aegypti in Europa | 15 |
| Abbildung 6: Verbreitung Ae. Japonicus in Europa | 16 |
| Abbildung 7: Ae. albopictus..... | 17 |
| Abbildung 8: Ae. aegypti | 17 |
| Abbildung 9: A. maculipennis | 17 |
| Abbildung 10: Cx. pipiens | 17 |
| Abbildung 11: Jährliche Durchschnittstemperatur der euopäischen Landfläche | 18 |
| Abbildung 12: Metropolregion Hamburg..... | 22 |
| Abbildung 13: Entwicklung der durchschnittlichen Temperatur im Jahr von 1960-2015 | 28 |
| Abbildung 14: Projizierte relative Änderungen der Niederschlagsmenge | 30 |
| Abbildung 15: Verteilung der Sammelorte in Hamburg | 32 |

III. Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Umweltauswirkungen von globalen Veränderungsfaktoren und ihre möglichen Wirkungen, die für vektorübertragene Krankheiten relevant sind | 9 |
| Tabelle 2: The more relevant MBDs worldwide, and relative DALYs estimation in thousand..... | 10 |
| Tabelle 3: Risikoberwertung der Bevölkerung | 35 |
| Tabelle 4: Spearman-Korrelation: Zukünftiges Risiko und Schutzmaßnahmen..... | 35 |
| Tabelle 5: Mosquito-borne viruses that cause symptomatic disease in humans..... | 51 |
| Tabelle 6: Arboviruses transmitted by mosquitoes causing disease in humans | 52 |
| Tabelle 7: Mosquito-borne viruses of medical and veterinary importance circulating in Europe..... | 53 |
| Tabelle 8: In einheimischen Stechmücken nachgewiesene humanpathogene Viren und Filarien..... | 60 |
| Tabelle 9: Ergebnisse Krüger et al. in: Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of metropolitan Hamburg ... | 61 |

IV. Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------------|--|
| A. | Anopheles |
| Ae. | Aedes |
| BATV | Batai-Virus |
| BNITM | Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin |
| CDC | Center for Disease Control and Prevention |
| CHIKV | Chikungunya-Virus |
| CO ² | Kohlenstoffdioxid |
| Cx. | Culex |
| DALYS | disability-adjusted life years |
| DENV | Dengue-Virus |
| DWD | Deutscher Wetterdienst |
| ECDC | European Centre for Disease Prevention and Control |
| EEA | European Environmental Agency |
| EID | emerging infectious disease |
| INKV | Inkoo-Virus |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| MBS | Mosquito-borne disease |
| MPH | Metropolregion Hamburg |
| NAO | Nordatlantische Oszillation |
| NRW | Nordrhein-Westfalen |
| Oc. | Ochlerotatus |
| PLZ | Postleitzahl |
| SINV | Sindbis-Virus |
| SSHV | Snowshoe Hare-Virus |
| TAHV | Tahyna-Virus |
| UCCRN | Urban Climate Change Research Network |
| UK | Vereinigtes Königreich (United Kingdom) |
| USUV | Usutu-Virus |
| VBD | Vector-borne disease |
| WHO | World Health Organisation |
| WNV | West-Nil-Virus |

1. Einleitung

Das Klima ist eine von verschiedenen Einflussgrößen für das Auftreten von Krankheiten. Laut Bericht des Weltklimarates (IPCC, 2013) wird ein zusammenhängendes Muster von Veränderungen auf allen Kontinenten deutlich. Prognosen verlauten zwischen den Jahren 2030 und 2050 ca. 250 000 zusätzliche jährliche Todesfälle durch Klimaveränderungen (WHO, 2017). Mit geschätzten zwei bis vier Milliarden US-Dollar pro Jahr an zusätzlichen Gesundheits-/Schadenskosten¹ bis 2030, erweist sich der Klimawandel als eine Herausforderung, der einer sehr hohen Public-Health-Relevanz unterliegt. Die anthropogen bedingte, weltweite Veränderung des Klimas zeigt sich sowohl in langfristigen Wandlungen wie auch in langsam steigenden Durchschnittstemperaturen (Umweltbundesamt, 2016). Die Auswirkungen auf sämtliche gesellschaftliche, ökonomische, physikalische und biologische Bereiche sind vielfältig und betreffen das tägliche Leben, wie auch gesundheits- und krankheitsrelevante Einflussfaktoren auf den Menschen. Soziale und umweltbezogene Determinanten der menschlichen Gesundheit werden direkt beeinflusst: saubere Atemluft, Zugang zu sauberem Trinkwasser, ausreichend Nahrung und eine sichere Unterkunft (WHO, 2018). Sämtliche durch Hitze verursachte Erkrankungen, wie Herz-Lungen-Krankheiten, Infektionskrankheiten, Stress und weitere mentale Gesundheitskonsequenzen werden erwartet (Leal et al., 2016). Weitere Faktoren führen zur indirekten Beeinflussung der menschlichen Gesundheit. So geht aus verschiedenen Studien hervor, dass auch die globale Veränderung der biologischen Vielfalt eine Gefährdung für den Menschen darstellen wird (Schliep et al., 2017). Ökosysteme erleben eine Modifikation durch phänologische und physiologische Veränderungen, wie auch neue Verbreitungsstrukturen von Arten und Lebensräumen (ebd.). Daraus ergibt sich, dass ein sich wandelndes Klima die Art und Weise, wie Organismen interagieren und wo sie leben, verändern kann. Denn die geografische und saisonale Verbreitung einer Art hängt stark von klimatischen Variablen, wie Temperatur und Niederschlag ab (WMO, n.d.).

Folglich kann das Phänomen „Klimawandel“ komplexe Wechselwirkungen mit zahlreichen Infektionskrankheiten, wie auch den sogenannten vektorenübertragenen Krankheiten „*vector-borne diseases*“ (VBDs) verursachen (The Lancet Infectious Diseases, 2017). Lebensräume der Vektoren können sich erweitern und die bislang bekannten geografischen Grenzen von einhergehenden Infektionskrankheiten verschieben (World Meteorological Organization, o.J.).

¹ ohne Kosten in gesundheitsbestimmenden Sektoren, wie Landwirtschaft und Wasser- und Sanitärversorgung

Laut WHO beträgt der Anteil von VBDs 17% aller Infektionskrankheiten und verzeichnet jährlich über 700.000 Todesfälle. Neben Vektoren wie beispielsweise Zecken, Fliegen, Flöhen, Nagetieren und Vögeln, stellen Stechmücken ein besonderes Ausmaß in Bezug auf VBDs dar. Die wohl bekanntesten durch Stechmücken übertragenen Krankheiten („*mosquito-borne diseases*“ MBDs) Malaria, Denguefieber, West-Nil-Fieber, Chikungunya-Fieber, Gelbfieber und Zika, gewinnen immer mehr an Bedeutung im Kontext der Public Health. Durch steigende Prävalenzen und Mortalitätsraten von eben genannte Erkrankungen ergibt sich ein erhöhter Anspruch an epidemiologische Studien und der Entwicklung und Etablierung von Surveillancesystemen auf globaler Ebene (RKI, 2014). Neben der zunehmenden Globalisierung in Handel und Reiseaktivität, der Verstädterung und umweltbezogenen Faktoren, können sich veränderte Klimabedingungen besonders auf Überlebens- und Reproduktionsraten und das Habitat von Stechmücken auswirken (WHO, 2017). Die bisher hauptsächlich in tropischen und subtropischen Arealen auftretenden Erkrankungen sind innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte bis nach Europa vorgedrungen (Semenza et al., 2009). Immer häufiger werden exotische Mückenspezies außerhalb ihrer ursprünglichen Verbreitungsräume vorgefunden. Unter anderem hat sich die bedeutendste invasive Stechmückenart *Aedes albopictus* in Europa ansiedeln können (Tannich, 2014). Autochthone (lokal-übertragene) Krankheitsausbrüche innerhalb Italiens, Frankreichs und Kroatiens führten im Zeitraum von 2007-2015 zu Chikungunya-, Dengue- und einzelnen Malariafällen (Roiz et al., 2011 & ECDC, 2015). Auch das West-Nil Virus tritt seit 2010 jährlich im Südosten und Osten Europas in Erscheinung (EEA, 2016).

Die zunehmende Häufigkeit solcher Ausbrüche in den letzten 10 Jahren hat gezeigt, dass Europa nicht immun gegen MBDs ist und zunehmend der Rückkehr und/oder Einfuhr von invasiven Mückenspezies ausgesetzt ist (Calzolari, 2016). Auch im Süden und Westen Deutschlands steigt die Anzahl an invasiven Stechmückenspezies stetig (Tannich, 2014) und erste Viren² wurden in deutschen Mücken nachgewiesen (Jöst et al., 2010), sodass die Investitionen in die Mückenforschung erhöht wurde.

Die vorliegende Arbeit wird aufgrund der wertvollen, auf über hundert Jahre zurückreichende Datenlage über Stechmücken des Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin (BNITM), ihren Fokus auf die Metropolregion Hamburg und Umgebung legen. Großstädte wie Hamburg stehen

² Batai, Sindbis und Usutu

im engen Zusammenhang mit veränderten klimatischen Bedingungen und unterliegen gefährlichen Wechselwirkungsmechanismen: Laut UN-habitat³ konsumieren Städte 78 % des weltweiten Energieverbrauchs und setzen ca. 60 % mehr an CO² und anderen Treibhausgasen frei (UN-habitat, o.J.). Neben dieser klimabeeinträchtigenden Funktion, kriegen Großstädte gleichzeitig die schädlichen Auswirkungen zu spüren. Urbanisierte Gebiete neigen aufgrund von wärmeabsorbierenden Materialien zu einer wärmeren Oberflächen- und Lufttemperatur als umliegende Gebiete (UCCRN, 2015). Die hohe Bevölkerungsdichte und eine gut vernetzte Infrastruktur können zu einem größeren Infektionsrisiko führen. Daher ist der Aspekt der Bevölkerungsaufklärung von besonderer Bedeutung, um größere Ausbrüche zu vermeiden und das Infektionsrisiko zu reduzieren. Die Stadt Hamburg beherbergt außerdem den zweitgrößten Hafen Europas und besitzt so ein hohes Frachtaufkommen an Güter- und Personenverkehr, welches auch das Ansiedeln von nichtheimischen Mücken begünstigen kann (Tannich, 2014).

Diese Arbeit wird anhand vorliegender Daten des BNITM die aktuelle Entwicklung der Mückenspezies in Hamburg analysieren und unter Berücksichtigung von lokalen Ausprägungen des Klimawandels eine Analyse des Risikos von zukünftig möglichen Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Stechmücken für die Hamburger Bevölkerung vornehmen. Des Weiteren werden Ergebnisse einer Umfrage der Hamburger Bevölkerung mit eingebunden, welche dazu dient die Kenntnisse und das Bewusstsein ebendieser über Stechmücken und deren möglichen Gefährdungen zu ermitteln und diskutiert, ob ein Bedarf an mehr Aufklärung über die Thematik von Vorteil und Nutzen sein könnte.

2. Zielstellung

Die multifaktoriellen Einflussgrößen für klimatische Veränderungen sind teils gut und teils sehr unsicher zu prognostizieren. Dennoch wächst die Anzahl an Simulationen und es können in bestimmten Bereichen detaillierte Vorhersagen getroffen werden. Auch in der Erforschung von Infektionskrankheiten im Zusammenhang mit Klima- und Umweltbedingungen haben sich Muster der Entstehung und Verbreitung herauskristallisieren können. In Deutschland wachsen die Investitionen sowohl in die internationale, als auch die nationale Stechmückenforschung. So konnten sich innerhalb der letzten Jahre viele Initiativen zum Monitoring von Stechmücken in Deutschland etablieren. Die umfangreiche und wichtige Arbeit einiger Wissenschaftler und

³ Programm der Vereinten Nationen für eine bessere städtische Zukunft

Forscher auf diesem Gebiet dient dieser Arbeit als Grundlage. Die Arbeit untersucht drei separate und dennoch einander tangierende Faktoren. So führt ein umfangreicher Hintergrundpart an die drei Ziele der vorliegenden Arbeit heran:

- Analyse und Darstellung der bisherigen und zukünftigen klimatischen Bedingungen der Metropolregion Hamburg mit Fokus auf den Einflussgrößen für Stechmücken übertragene Erkrankungen.
- Analyse und Darstellung der Entwicklung der Stechmückenspezies in Deutschland bzw. Hamburg anhand einer Auswahl der bestehenden Datengrundlage.
- Analyse und Ergebnisdarstellung einer Bevölkerungsbefragung in Hamburg in Hinblick auf Wissen, Erfahrung und Bewusstsein gegenüber Stechmücken und durch sie übertragene Krankheiten sowie einer Einschätzung der potenziellen Gefährdungen. Daraus hervorgehend soll ermittelt werden, ob sich das Wissen und die Risikobewertung auf das Schutzmaßnahmenverhalten der Bevölkerung auswirkt und, ob ggf. mehr Gesundheitsaufklärung von Bedarf ist, um potentielle Gefährdungen einzudämmen.

Um dies zu gewährleisten wird zunächst ein Einblick in die Zusammenhänge von Klimawandel und Infektionskrankheiten, bzw. VBDs gegeben. Es werden Einflussgrößen auf MBDs erläutert. Darauf folgt eine kurze Darstellung der Entwicklung von Stechmücken übertragenen Erkrankungen in Europa und in Deutschland und die Beschreibung der MBDs relevanten Spezies der letzten Jahre. Um die Ergebnisse der Bevölkerungsperspektive einzuleiten wird ebenso geschildert, welche Rolle die Bevölkerung bei der Vermeidung von MBDs einnimmt. Der Methodenteil erklärt, wie die jeweilige Recherche und Datengewinnung erfolgt ist. Nach der Präsentation der Ergebnisse, wie sich die zukünftige Hamburger Stechmückensituation gestalten könnte, werden das Vorgehen und die Ergebnisse diskutiert und mögliche Limitationen aufgezeigt. Fazit und Ausblick komplementieren die Arbeit.

3. Klimawandel und Gesundheit

Der Klimawandel ist ein Phänomen, das weltweit alle Länder und Menschen betrifft. Er hat Auswirkungen auf die Resilienz unserer Erde und auf die nachhaltige Entwicklung. Der Komplex ist vielfältig und multidisziplinär und die Zusammenhänge zwischen Entwicklung und Gesundheit sind allgemein bekannt. Der Klimawandel beeinflusst die sozioökonomische Entwicklung und direkt und indirekt die Gesundheit des Menschen. Im Jahr 2015 vereinbarten die Vereinten Nationen, dass die Klimapolitik eines der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung sein wird (United Nations, o.J.). Unter Klimawandel wird konventionell die Erderwärmung durch den Anstieg von Treibhausgasen (hauptsächlich CO²) verstanden. Obwohl es im Laufe der Zeit immer natürliche Schwankungen der CO²-Konzentrationen in der Atmosphäre und der Temperatur gab, ist Konsens, dass die Geschwindigkeit bei der Zunahme dieser beiden Variablen zu einem großen Teil anthropogener Herkunft ist.

Die Folgen sind ein veränderliches und unvorhersehbares Wetter (IPCC, 2013). Weitere Auswirkungen sind Veränderungen der Ökosysteme, welche sich auf die menschlichen Gesellschaften und die öffentliche Gesundheit auswirken werden (ebd.). Es wird geschätzt, dass 4,2 Milliarden Menschen in den letzten 20 Jahren zunehmend von Wetterkatastrophen betroffen waren, mit der Konsequenz eines erheblichen Verlusts an Menschenleben (United Nations, 2016). "Umweltrisiken sind für schätzungsweise 25% der weltweiten Krankheitslast verantwortlich, und fast 35% in Regionen wie Afrika südlich der Sahara" (WHO, o.J.). Wetteränderungen wie Hitzewellen, Starkniederschläge, Überschwemmungen, Dürren, intensivere Stürme, Anstieg des Meeresspiegels und Luftverschmutzung verursachen Gesundheitsprobleme direkt (Eis et al., 2010) Notwendigkeiten wie saubere Atemluft, Zugang zu sauberem Trinkwasser, ausreichend Nahrung und eine sichere Unterkunft werden determiniert (WHO, 2018). Sämtliche durch Hitze verursachte Erkrankungen, Herz-Lungen-Krankheiten, Stress und weitere mentale Gesundheitskonsequenzen werden erwartet (Balbus et al., 2016.). Indirekte Folgen entstehen durch Störungen der Ökosysteme und der Biodiversität, die im Zusammenhang mit der Nahrungsmittelversorgung und Zugang zu sauberem Wasser stehen (ebd.).

Ein Ansatz die Auswirkungen von Klimawandel auf die Gesundheit besser zu verstehen, ist die Berücksichtigung spezifischer Expositionspfade und, wie diese zu Erkrankungen beim Menschen führen können (Balbus et al., 2016). Das folgende Konzept beschreibt in diesem Zusammenhang die Haupttrouten, auf denen sich der Klimawandel auf die Gesundheit auswirkt (siehe

Abb. 1) Die Expositionspfade können sich zeitlich und ortsbedingt unterscheiden. Klimawandelbedingte Expositionen können außerdem Menschen und verschiedene Gemeinschaften unterschiedlich stark betreffen.

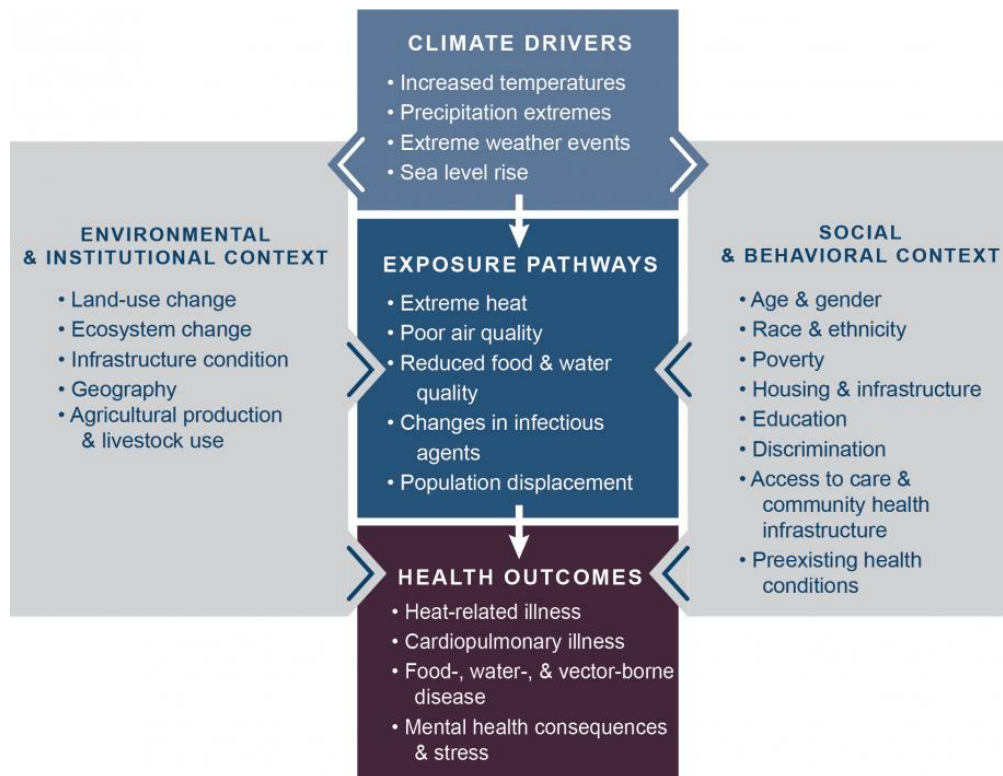


Abbildung 1: Expositionspfade Klimawandel und Gesundheit von Balbus et al. 2016

Obwohl sie oft einzeln bewertet werden, kann die Exposition gegenüber mehreren Bedrohungen des Klimawandels gleichzeitig auftreten, was zu einer Verstärkung von gesundheitlichen Auswirkungen führt. Bedrohungen des Klimawandels können sich im Laufe der Zeit ebenfalls akkumulieren und zu längerfristigen Veränderungen der Gesundheitsressourcen führen.

Laut WHO wird jeder Teil der Erde von den Folgen betroffen sein. Als besonders vulnerabel gelten kleine Inselstaaten, Entwicklungsländer, Küstenregionen, Großstädte, sowie Berg- und Polarregionen. Gebiete mit schwacher Gesundheitsinfrastruktur und schwacher Wirtschaft werden weniger Resilienzen und Fähigkeiten haben, die Folgen bewältigen zu können (WHO, 2017).

3.1. Infektionskrankheiten

Als eine Folge des sich verändernden Klimas und seinen Auswirkungen auf die Ökosysteme wird eine erhöhte Belastung durch Infektionskrankheiten angesehen, welche sich sowohl auf

die Gesundheit, als auch auf die Entwicklung auswirken können. Eine allgemeingültige Definition beschreibt Infektionskrankheiten als Erkrankungen, die durch einen Erreger bei Mensch, Tier und Pflanze hervorgerufen wird. Es wird davon ausgegangen, dass sich die geografische Verteilung, sowie das Auftreten von Infektionskrankheiten aufgrund des Klimawandels ändern werden. Dies ist insbesondere der Fall für vektorübertragene, zoonotische Infektionen, d.h. Übertragungen, die von Tier zu Mensch stattfinden und mehr als 70% aller gegenwärtigen menschlichen Infektionen umfassen sowie wasserbürtige Krankheiten (Berrgren et al., 2009). Der Zusammenhang besteht darin, dass sich ein verändertes Klima auf die Umwelt und die Ökosysteme auswirkt, in denen die Vektoren und Krankheitserreger gedeihen. Es besteht die Möglichkeit, dass ursprüngliche Lebensräume reduziert werden oder Veränderungen unterliegen, mit der Folge von Verlagerung von Tierwirten und Vektoren in andere Gebiete. Mit der Störung von Ökosystemen und deren Arten, werden auch Mikroorganismen in neue geographische Zonen bewegt (CDC, 2016). Diese Verschiebung von Mikroorganismen kann ebenfalls zu sich ausbreitenden oder neuen Infektionskrankheiten führen, den sogenannten EIDs (emerging infectious diseases). Die Entstehungsgründe von EIDs sind komplex und facettenreich:

- Globalisierung und Umweltveränderungen, einschließlich Klimawandel, Reisen, Migration und globaler Handel,
- soziale und demografische Faktoren, einschließlich Alterung der Bevölkerung, soziale Ungleichheit und Lebensstile,
- Treiber des öffentlichen Gesundheitswesens, einschließlich der Entwicklung von Antibiotikaresistenzen, Gesundheitskapazitäten, Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit.

Mit dem gehäuften Auftreten von Krankheitsausbrüchen traditionell „tropischer“ Erkrankungen innerhalb Kontinentaleuropas, gilt dieses Gebiet als potenzieller Brennpunkt von EIDs (Suk & Semenza, 2011). Die Ankunft, Etablierung und Verbreitung neuer Erreger, Krankheitsvektoren und Reservoirarten steht unter Verdacht, durch zum Beispiel die Kombination aus Klimawandel und stärkerem Handels- und Reiseaufkommen begünstigt zu werden (Lindgren et al. 2012). Diese Faktoren lassen erkennen, dass die Betrachtung der Stadt Hamburg auch durch diesen Zusammenhang von Relevanz sein könnte.

3.2. Vektorübertragene Krankheiten und deren Einflussfaktoren

„Als vektorübertragene Krankheiten werden Infektionskrankheiten bezeichnet, deren Erreger durch sogenannte Vektoren zwischen Menschen oder von infizierten Tieren auf Menschen übertragen werden. Bei den Vektoren kann es sich um endemische (einheimische) oder um invasive (neu eingeschleppte) Spezies handeln. Zu den endemischen Vektoren [in Deutschland] zählen die Zecken [...]. Als invasive Vektoren stehen vor allem exotische Mückenarten der Gattung *Aedes* im Fokus. Diese können unter anderem das Dengue-, Chikungunya- und West-Nil-Fieber übertragen“ (Monazahian et al., 2016).

Aufgrund ihrer großen Krankheitslast und des weitverbreiteten Vorkommens gehören vektorübertragene Krankheiten zu den meistuntersuchten Krankheiten, die eine hohe Empfindlichkeit gegenüber ihrer Umwelt und verschiedenen Klimafaktoren aufweisen. Im Gegensatz zu einigen anderen klimasensiblen Gesundheitsrisiken, wie Hitzestress oder Expositionen gegenüber Extremwetterereignissen und Krisen, ist der Einfluss meteorologischer Faktoren weniger direkt und vielfältiger (Smith et al., 2014).

Ein nachvollziehbarer Klimafaktor ist die Temperatur, die die Biss-, Überlebens- und Reproduktionsraten von Vektoren sowie die Überlebens- und Entwicklungsraten der von ihnen transportierten Pathogene beeinflussen kann. Das Klima beeinflusst signifikant den Lebenszyklus von Vektoren sowie den beherbergten Parasiten und Viruspartikeln, was bedeutet, dass Temperaturerhöhungen die Inkubationszeit dieser Pathogene und den Lebenszyklus von Vektoren verringern können (Semenza & Menne, 2009). Je nach Temperaturbedingungen steigt so ebenfalls das Übertragungsrisiko durch die erhöhte Vektorpopulation. Langfristige Veränderungen der Jahreszeiten können sich auch auf Vektor- und Wirtstiere, menschliche Aktivitäten und die Landnutzung auswirken, sodass folglich eine veränderte räumliche Verteilung und das zeitliche Auftreten von vektorübertragenen Krankheiten beeinflusst werden kann (Lindgren et al. 2012).

Ein zusätzlicher Klimafaktor mit sehr starkem Einfluss auf VBDs ist der Niederschlag. Am offensichtlichsten erweist sich dies bei Krankheiten, die durch Vektoren mit aquatischen Entwicklungsstadien, wie Stechmücken, übertragen werden. Auch Vektoren ohne solche Stadien, wie Zecken oder Sandfliegen können aufgrund der erhöhten Feuchtigkeit schneller als Krankheitsüberträger fungieren (Lafferty, 2009). In Tabelle 1 wird zusammengefasst, wie verschiedene globale Veränderungsfaktoren im Zusammenhang mit Umwelt und Klima für vektorübertragene Krankheiten und ihre potenzielle biologische Wirkung relevant sind:

| Globaler Einflussfaktor | Mögliche Auswirkung auf den Lebensraum/die Umgebung von Vektor, Pathogen und Wirt | Mögliche Auswirkung auf Vektor, Pathogen und Wirt |
|--|---|--|
| human behavior, (socio-) economic, political, technological/industrial factors | | |
| Erhöhte CO ² -Konzentration | <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Umgebungstemperatur und Pflanzenbiomasse • Ausdehnung der Gehölzvegetation; längere Pflanzenwachstumsaison mit feuchten Mikroklimata⁴ | <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Vektor-Langlebigkeit bei gleicher Regenmenge und Temperatur durch feuchteres Mikroklima, mit möglicher Ausdehnung von Vektoren in feuchten Zonen |
| Chemische Verunreinigung | <ul style="list-style-type: none"> • Düngemittel, Pestizide, Herbizide, Industriotoxine und Umwelthormone | <ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigt Immunsystem des Menschen |
| Urbanisation | <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Dichte von menschlichen Wirten (mit schlechterer sanitärer Versorgung und Wasserversorgung in Entwicklungsländern) | <ul style="list-style-type: none"> • Höhere Krankheitsübertragung bei gleicher Vektordichte • mehr Brutplätze |
| Abholzung/Entwaldung | <ul style="list-style-type: none"> • weniger unberührte natürliche Umgebung • erhöhtes Oberflächenwasser aus Böden, die durch Abholzung oder neue Landwirtschaft freigelegt wurden | <ul style="list-style-type: none"> • Mehr Vektor-Brutplätze in Menschennähe • mehr Kontakt zwischen Menschen und Vektoren |
| Bewässerung und Wasserspeicherung | <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhtes Oberflächenwasser • Verhinderung von saisonalen Überschwemmungen | <ul style="list-style-type: none"> • Mehr Vektor-Brutplätze • reduziertes Fluten von Schnecken und Mücken |
| Erhöhtes Handelsaufkommen | <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhtes Volumen von verschickten Waren | <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhter Transport von Vektoren, was zu "Homogenisierung" von Vektoren in rezeptiven Bereichen führt |
| Erhöhtes Reiseaufkommen | <ul style="list-style-type: none"> • Zunehmender, weltweiter Personenverkehr | <ul style="list-style-type: none"> • Verstärkte Übertragung von Krankheitserregern zwischen endemischen und krankheitsfreien Regionen • erhöhte Exposition von Besuchern in endemischen Regionen |
| Intensivierung der Landwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> • Vermehrte Störung von Land und Vegetation • Erhöhung des Oberflächenwassers • Reduzierte Biodiversität | <ul style="list-style-type: none"> • Größere Vielfalt an Vektor-Brutplätzen • reduzierte Prädation von Vektoren = „Domestizierung“ |
| Migration | <ul style="list-style-type: none"> • zunehmender Personenverkehr • Bevölkerungscharakterverschiebung | <ul style="list-style-type: none"> • Verbreitung von Pathogenen, Vektoren und Reservoirarten in neue Gebiete • Muster von Immunitäten der Bevölkerung verschiebt sich • Höhere Bevölkerungsdichte = schnellere Verbreitung & zunehmende Ansteckungsgefahr |
| environmental, climate, weather factors | | |
| Temperaturanstieg | <ul style="list-style-type: none"> • Ausdehnung der warmen Klimazonen mit längeren Wachstumsperioden • weniger extrem niedrige Temperaturen • häufiger extrem hohe Temperaturen | <ul style="list-style-type: none"> • Schnellere Vektor- und Erregerentwicklung mit mehr Generationen pro Jahr • kürzere Lebensdauer von Vektoren bei hohen Temperaturen • verringerte Niedrigtemperatur-Mortalität von Vektoren • Ausdehnung der Verbreitung von Vektoren und Pathogenen des warmen Klimas |
| Niederschlag | <ul style="list-style-type: none"> • Unsicher und regional variabel einschätzbare Regenfälle • Zunehmend starke Niederschläge | <ul style="list-style-type: none"> • Verändertes Brutverhalten von Vektoren, durch Überschwemmung |

⁴ Klimatische Bedingungen in Bodennähe bis hin zu einer Höhe von etwa zwei Metern und Klima, welches in einem kleinen, genau definierten Bereich vorherrscht.

| | | |
|--|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Auswirkungen auf Lebenslänge der Vektoren und Überleben zu bestimmten Jahreszeiten |
| Veränderung der relativen Luftfeuchtigkeit | <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Niederschläge und Wärme | <ul style="list-style-type: none"> • Veränderung der Vegetation • Auswirkungen auf Lebensdauer von Vektoren und Pathogenen • Auswirkungen auf genetische Komposition von Vektorenpopulationen |
| Veränderung von Windbewegungen | <ul style="list-style-type: none"> • Veränderte Windmuster | <ul style="list-style-type: none"> • Auswirkung auf Wanderung und Bewegung bestimmter Vektoren |
| Desertifikation und Dürre | <ul style="list-style-type: none"> • Zunehmende Trockenheit • Eingeschränkter Zugang zu sauberem Trinkwasser und Nahrungsmitteln | <ul style="list-style-type: none"> • Reduziertes Vorkommen von wasserabhängigen Vektoren • Beeinflussen des Gesundheitszustandes von Bevölkerungen durch Nahrungs- und Wasserzugang • Erhöhte Wurm-Übertragung • Veränderung von Vektorverteilung |

Tabelle 1: Umweltauswirkungen von globalen Veränderungsfaktoren und ihre möglichen Wirkungen, die für vektorübertragene Krankheiten relevant sind (eigene Darstellung und Ergänzungen: Übersetzt und in Anlehnung an „Environmental effects of global change drivers pertinent to vector-borne diseases, and their potential biological effects“ von Sutherst, 2004 & Earth Institute at Columbia University (n.D.).

3.3. Stechmückenübertragene Krankheiten

Stechmücken gehören zu den gefährlichsten Vektoren weltweit, da sie tödliche Krankheiten übertragen können. Zu den häufigsten Krankheiten gehören Infektionen durch das Zika-Virus (ZIKAV), das West-Nil-Virus (WNV), das Chikungunya-Virus (CHIKV), Dengue-Fieber, Gelbfieber und Malaria. An Malaria allein sterben laut WHO über eine Millionen Menschen weltweit und die Inzidenz von MBDs beträgt mehr als 700 000 Fällen pro Jahr (WHO, 2017). Fast alle Viren, die durch Mücken übertragen werden gehören zu drei verschiedenen Virusfamilien: Togaviridae, Flaviviridae und Bunyaviridae (Anhang 1) und verursachen Infektionen von asymptomatisch bis hin zu Fieber und Arthritis, neurologischen Symptomen und hämorrhagischen Fieber. Tabelle 2 drückt das weltweite Ausmaß durch die relevantesten MBDs des Jahres 2013 aus, indem der jeweiligen Erkrankung die quantifizierte Krankheitslast in Form von DALYS (disability-adjusted life years) zugeordnet wird:

| | DALYs 2013 | 95% confidence interval |
|---|-------------------|--------------------------------|
| Malaria | 65493.1 | 53064.9–79960.7 |
| Lymphatic filariasis | 2022.1 | 1096.3–3294.4 |
| Dengue | 1142.7 | 727.6–1978.2 |
| Yellow fever | 30.7 | 25.3–37.1 |
| Other neglected tropical diseases* (including other mosquito-borne viral fevers) | 3132.7 | 2328.1–4208.7 |
| Encephalitis** (including mosquito-borne viral encephalitis) | 4804.2 | 4022.4–5926.9 |

Tabelle 2: The more relevant MBDs worldwide, and relative DALYs estimation in thousand (Calzolari, 2016)

Es wird ersichtlich, dass die Erkrankungen eine signifikante Beeinträchtigung des weltweiten Gesundheitsbefindens bedeuten und besonders Malaria hierbei eine führende Position einnimmt. Im Anhang sind weitere Infektionserkrankungen durch Stechmücken gelistet (Anhang 3).

Um MBDs besser analysieren zu können, ist es von Bedeutung die Lebensweisen und Lebensräume der Stechmücken zu studieren, um so die Übertragungswege und Verbreitungsstrukturen ermitteln zu können. Anders als bei mechanischen Übertragungen, erfordern Infektionen durch MBDs zunächst eine biologische Übertragung und Reproduktion des Pathogenes im Vektor (Marquardt, 2004). Die Krankheitserreger gelangen durch die Blutmahlzeit von Stechmücken in ihren Körper und können zusätzlich auch transovariell (bei der Eiablage) oder bei der Paarung übertragen werden (Anhang 2) (ebd.). Auch das Beißverhalten spielt bei der Übertragung auf den Menschen eine bedeutende Rolle. Die Tatsache, dass ein einzelner Biss durch eine Stechmücke ausreicht um Malaria und sämtliche Pathogene der Klasse Arboviren zu übertragen, unterstreicht die Möglichkeit der raschen Verbreitung. Bei einer Filariose-Infektion (Wurminfektion) hingegen müssten mehrere Bisse erfolgen (WHO, 2015). Die Übertragung erfordert eine gewisse Interaktion zwischen Pathogen, Vektor, Wirt und Umwelt. Einige Erkrankungen erfordern außerdem verschiedene Vektoren und/oder Wirte. Zugvögel oder Haustiere können so beispielsweise das Risiko für WNV, SINV oder Enzephalitis-Arten steigern. In der Abbildung 2 ist dargestellt, wie die Übertragungswege von MBDs stattfinden können:

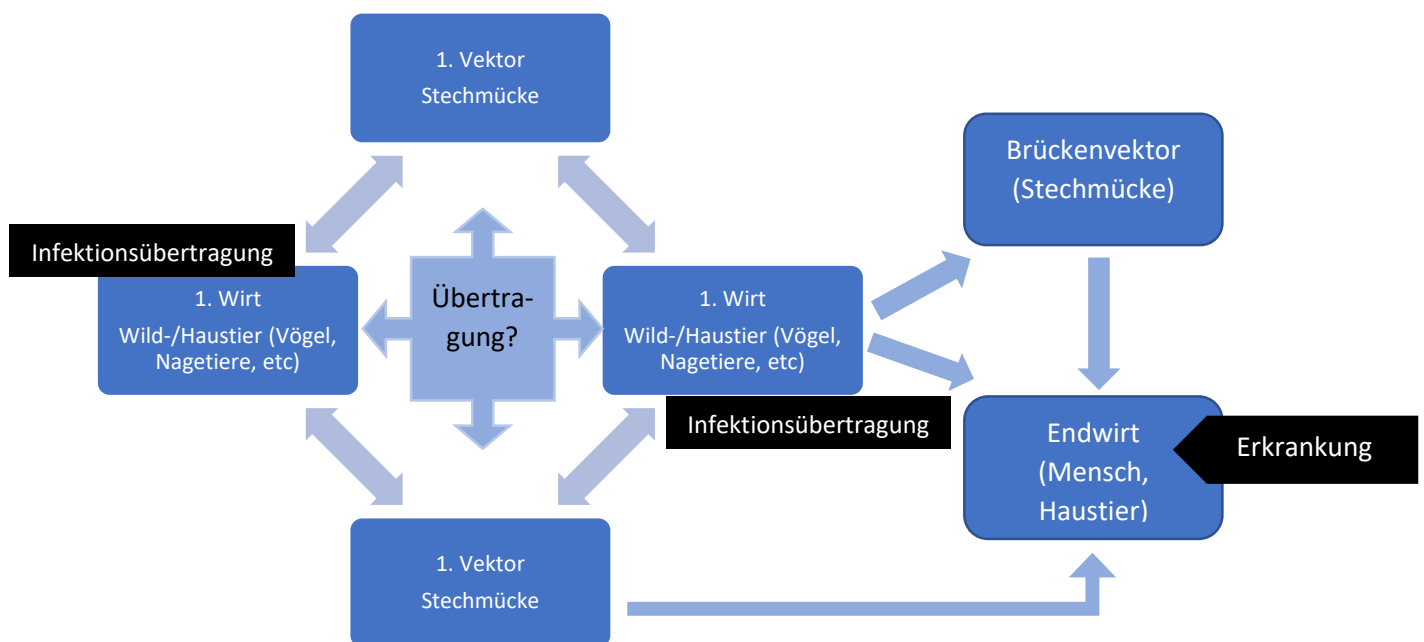


Abbildung 2: Übertragungswege von MBDs. (Eigene Darstellung in Anlehnung an das Original: ‚Diagram of vector borne diseases transmission cycle‘ von Niedrig, 2013.)

Es wird ersichtlich, dass Übertragungen unterschiedlich und auch komplex verlaufen können. Durch infizierte Wirte, beispielsweise Reisende oder einem veränderten Distributionsverhalten besteht die Möglichkeit einer länderübergreifenden Übertragung. Je nach Vektorkompetenz im vorherrschenden Gebiet können Pathogene aufgenommen und reproduziert werden. Die Vektorkompetenz drückt aus, inwieweit die Stechmücke fähig ist diese Pathogene aufzunehmen und zu übertragen. Sie wird durch biologischen Eigenschaften geprägt, wie z.B. Barrieren gegen das Eindringen eines Pathogenes in Darm und Speicheldrüsen. Auch innerhalb einer Mückenspezies kann es unterschiedliche Vektorkompetenzen geben, welche z.B. durch Vorkommen, Langlebigkeit oder Fressverhalten im jeweiligen Gebiet variieren können (Marquardt, 2004). Diese Grundannahme lässt erkennen, dass die Übertragungswege komplex sind und auch die Abwesenheit einer, für bestimmte Viren prädestinierte Mücke, keine sichere Abwesenheit des Erkrankungsrisikos bedeuten, solange nicht die endemischen Arten auf ihre Vektorkompetenz geprüft sind (FAO & WHO, 2008).

Dieses Hintergrundwissen spielt eine bedeutende Rolle für den nächsten Abschnitt dieser Arbeit, der die Entwicklung von MBDs in Europa beschreibt.

3.3.1. Entwicklung von MBDs in Europa

Die Verbreitung der Infektionen durch Stechmücken ist innerhalb der letzten Jahre signifikant gestiegen (CDC, 2016). Obwohl die meisten Krankheiten in tropischen und subtropischen Regionen, die durch einen schlechteren sozioökonomischen Status gekennzeichnet sind auftreten, werden auch in Europa zunehmende Fälle gemeldet. Nicht nur die reiseassoziierten Erkrankungsfälle werden zunehmend berichtet, auch das Risiko von autochthonen Übertragung steigt durch das beobachtete vermehrte Auftreten invasiver Stechmückenarten, wie zum Beispiel der *Aedes* Spezies (Braks et. al, 2011).

Während Europa vor dem 19. Jahrhundert ein endemisches Gebiet für Malaria war, wurde dieses im Laufe der Zeit durch die Verbesserung von Infrastruktur, Hygiene und der Gesundheitsversorgung bewältigt (WHO, 2016). Neben wenigen epidemischen Ausbrüchen, war es invasiven, tropischen Mückenarten aufgrund zu niedriger Temperaturen nicht möglich sich zu etablieren (Krüger et al., 2014). Die Trends des vergangenen Jahrzehnts hingegen, zeigen wiederkehrend sämtliche autochthone Ausbrüche auf: Der erste Chikungunya-Ausbruch wurde 2007 im nordöstlichen Italien mit mehr als 200 diagnostizierten Fällen beobachtet. Daraufh folgten in Frankreich und Italien weitere Fälle in 2007, 2010, 2014, 2015 und 2017. Auch Dengue trat im Jahr 2010 in Frankreich und Kroatien und 2013, 2014 (mit drei Ausbrüchen) und 2015 in Frankreich auf (Gossner, 2018). In 2012/2013 gab es einen Dengue-Ausbruch in Portugal mit

mehr als 2000 Fällen. Jegliche Ausbrüche wurden mit der Rückkehr von Reisenden aus, für diese Erkrankungen prävalenten Gebiete begründet. Zwar bleibt das Malariarisiko in Europa aufgrund von wirtschaftlichen und sozialen Faktoren und dem Zugang zur Gesundheitsversorgung gering, dennoch kam es im Jahr 2009 und auch in den Folgejahren zu lokal übertragenen Malariafällen in Griechenland (Semenza & Suk, 2017). Auch WNV-Ausbrüche werden seit 2010 jährlich in Süd- und Osteuropa verzeichnet, welche vor allem mit Temperaturanomalien in Verbindung gebracht werden.

Ein weiteres, mit Wildvögeln in Verbindung stehendes Virus in Europa ist das Usutu-Virus (USUV), welches erstmals 2001 in Wien beobachtet wurde (Hubálek, 2008). Inwiefern dieses jedoch Erkrankungen beim Menschen hervorruft, ist noch unzureichend erforscht. Das SINV ruft in Schweden und Finnland jährlich zwischen 140 und 170 Krankheitsfälle hervor (Suhrbier et al. 2012). Andere Viren mit Erwähnungswert in Europa sind das Tahyna-Virus (TAHV), das Batai-Virus (BATV), das Snowshoe Hare-Virus (SSHV) und das Inkoo-Virus (INKV). Alle gehen mit grippeähnlichen Symptomen einher, stehen jedoch nicht im Zusammenhang mit Mortalitäten (Gratz, 2006). Abbildung 3 zeigt die geografische Verbreitung der eben genannten Viren in Europa.

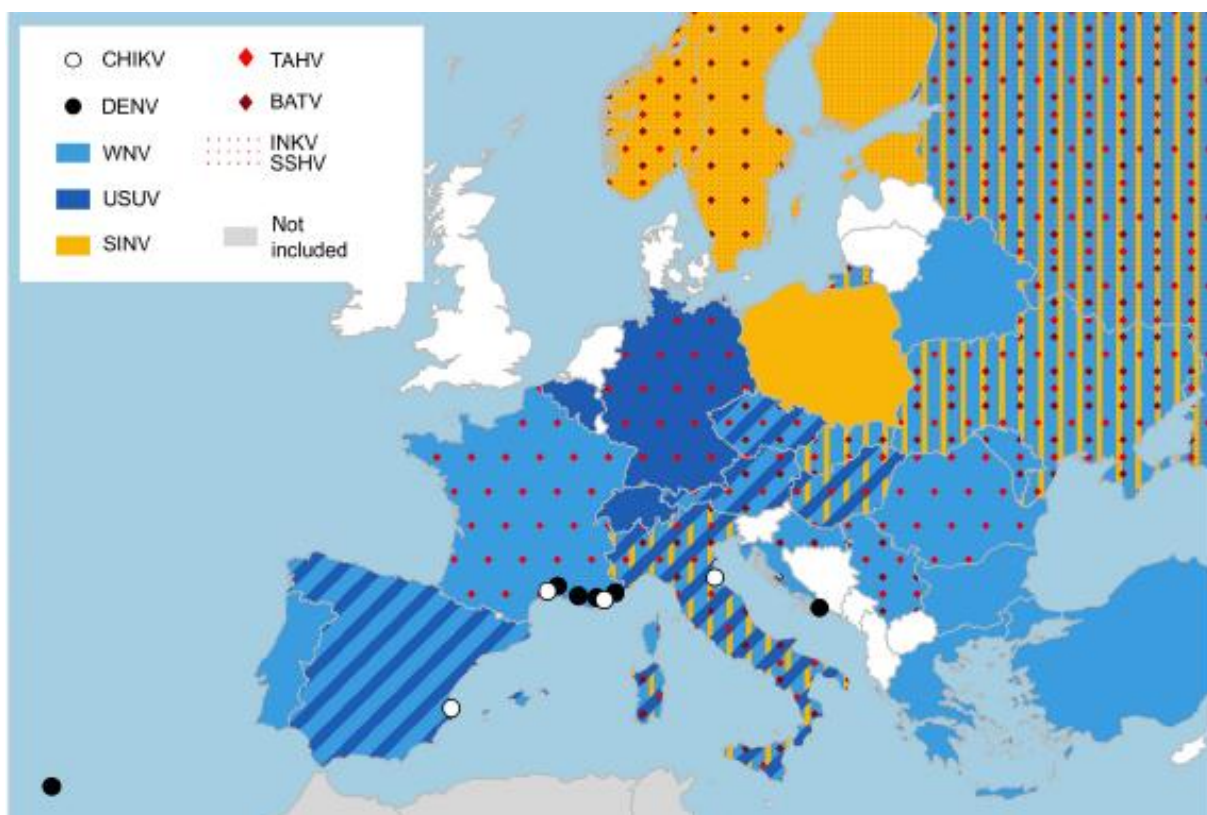


Abbildung 3: „Isolation or direct detection of European arboviruses at country level (map colors), and locations of autochthonous transmission of arbovirus exotic for Europe (circles) von Calzolari, 2016.

3.3.2. Einführung und Etablierung invasiver Arten in Europa

Der beständige Import von tropischen Mücken erhöht in der Kombination mit Klima- und Umweltveränderungen die Wahrscheinlichkeit der Etablierung und Anpassung von Vektoren an neue Umgebungen (Medlock et al. 2012). Invasive exotische Stechmücken werden in Europa immer häufiger nachgewiesen und ihre Verbreitung durch eine wachsende Liste an Ländern belegt, von denen bekannt ist, dass sie bestimmte Arten beherbergen. Zu begründen sind die unter 2.3.1. genannten Ausbrüche unter anderem mit der Einführung und Etablierung der invasivsten Stechmückenarten *Aedes albopictus* (*Ae. Albopictus*) (Abb. 7), welche CHIKV, Dengue und Zika übertragen kann und *Aedes aegypti* (*Ae. Aegypti*) (Abb. 8), welche, CHIKV, Dengue Zika und Gelbfieber übertragen kann. Das WNV kann durch beide *Aedes*-Arten, sowie durch die Gattung der *Culex* verbreitet werden. Aus medizinischer Sichtweise sind in Europa also besonders die Mücken der Gattung *Culex*, *Aedes* und *Anopheles* zu betrachten (WHO, 2014). Im Folgenden wird detaillierter auf diese in Europa eingegangen und anhand der wichtigsten Exemplare erläutert:

Aedes: *Aedes*-Mücken sind anhand ihrer schwarz-weißen Markierungen an den Beinen zu erkennen und beißen vorwiegend tagsüber (mit Spitzenaktivität am frühen Morgen und in der Abenddämmerung). Während *Ae. Aegypti* häufig in Städten gefunden wird, drinnen und draußen Blutmahlzeiten zu sich nimmt und den Menschen als Quelle ebendieser bevorzugt, lebt *Ae. Albopictus* hauptsächlich im Freien und beißt sowohl Haustiere, als auch Menschen (Baylor College of Medicine, o.J.). *Ae. Aegyptis* Ursprung liegt in Afrika und *Ae. Albopictus* in Südostasien. Im Jahr 2007 kam es in der Region Emilia-Romagna in Italien, zu einem Ausbruch von Chikungunya, verursacht durch eine einheimische Population von *Ae. Albopictus*. Inzwischen ist *Ae. albopictus* nachweislich in mehreren europäischen Ländern etabliert (Abbildung 4). Anfänglich in Italien und Albanien dokumentiert, folgten Portugal, das Vereinigte Königreich (UK), Spanien, Gibraltar und Süddeutschland (Schaffner & Mathis, 2014). Laut Schaffner und Mathis besteht das Potenzial einer progressiven Migration in weitere nördliche Gebiete. Nicht zuletzt die mittlerweile erworbene Fähigkeit zu Überwintern, unterstreicht das Risiko einer möglichen Ausbreitung auf andere Gebiete in Europa (ECDC, 2007).

Auch die ernstzunehmende Etablierung der *Ae. Aegypti* (Abbildung 5) startete um 2007 auf der portugiesischen Insel Madeira. 2010 wurde ein Auftreten in Frankreich, den Niederlanden sowie in Gebieten um das Schwarze Meer (Russland, Georgien und im Nordosten der Türkei) beobachtet (Medlock, 2012). Die Einführung von *Ae. Aegypti* liegt evidenzbasiert dem Schiffsverkehr zugrunde. Im Gegensatz zu *Ae. Albopictus* hat die Spezies eine Intoleranz gegenüber

kälteren Temperaturen, sodass sich das Überwintern in Europa bis jetzt schwierig gestaltet. Im Zusammenhang mit klimatischen Veränderungen wird jedoch eine weitgehendere Verbreitung in Nord- und Südeuropa erwartet (Weaver & Reisen, 2010).

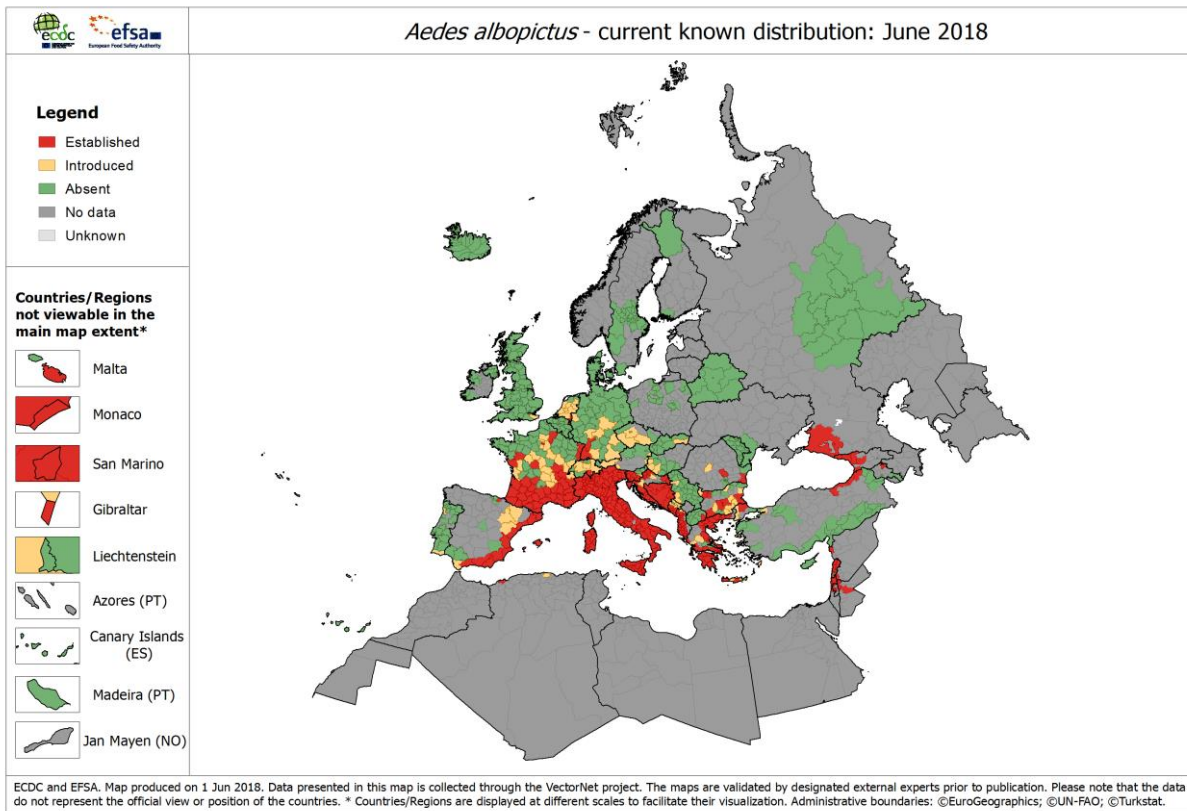


Abbildung 4: Verbreitung Ae. Albopictus in Europa (ECDC, 2018)

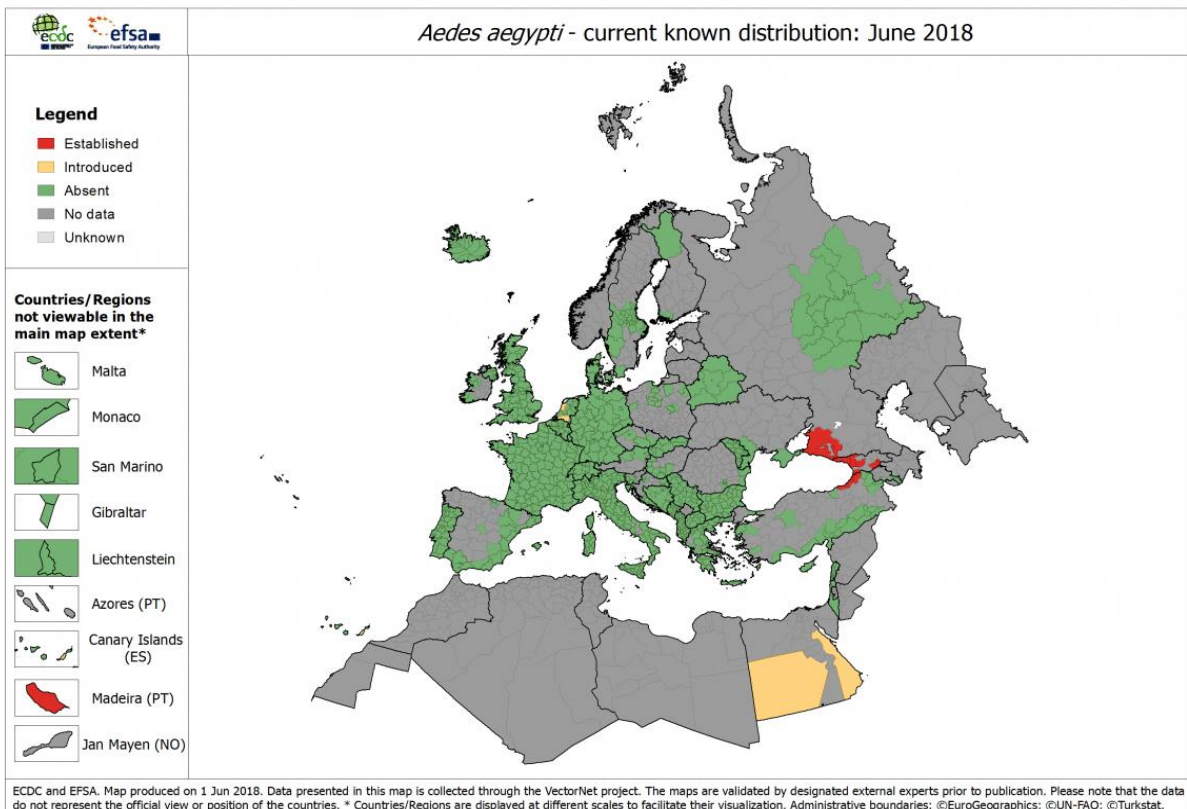


Abbildung 5: Verbreitung Ae. Aegypti in Europa (ECDC, 2018)

Als dritt-invasivste Mücke in Europa bleibt die *Ae. Japonicus* zu erwähnen. Sie wird häufig in bewaldeten Gebieten gefunden und beißt tagsüber bis hin zur Dämmerungszeit (ECDC, 2014). Mit ihrem Ursprung in Ostasien sowie Russland, wird der Import nach Europa vermutlich durch den Transport von Autoreifen begründet. Erste Vorkommen wurden in Frankreich und Belgien um das Jahr 2000 beobachtet. 2007/2008 wurde von *Ae. Japonicus* in der Schweiz und in Teilen Deutschlands berichtet (Schaffner et al. 2009). Ihre Vektorkompetenz umfasst WNV, CHIKV, Dengue und viele weitere Enzephalitis-Arten (ECDC, 2014). Die aktuelle Verbreitung in Europa ist Abbildung 6 zu entnehmen. Weitere wichtige Arten der *Aedes*-Gattung für Europa sind beispielsweise *Ae. atropalpus*, *Ae. Koreicus* und *Ae. Triseriatus*.

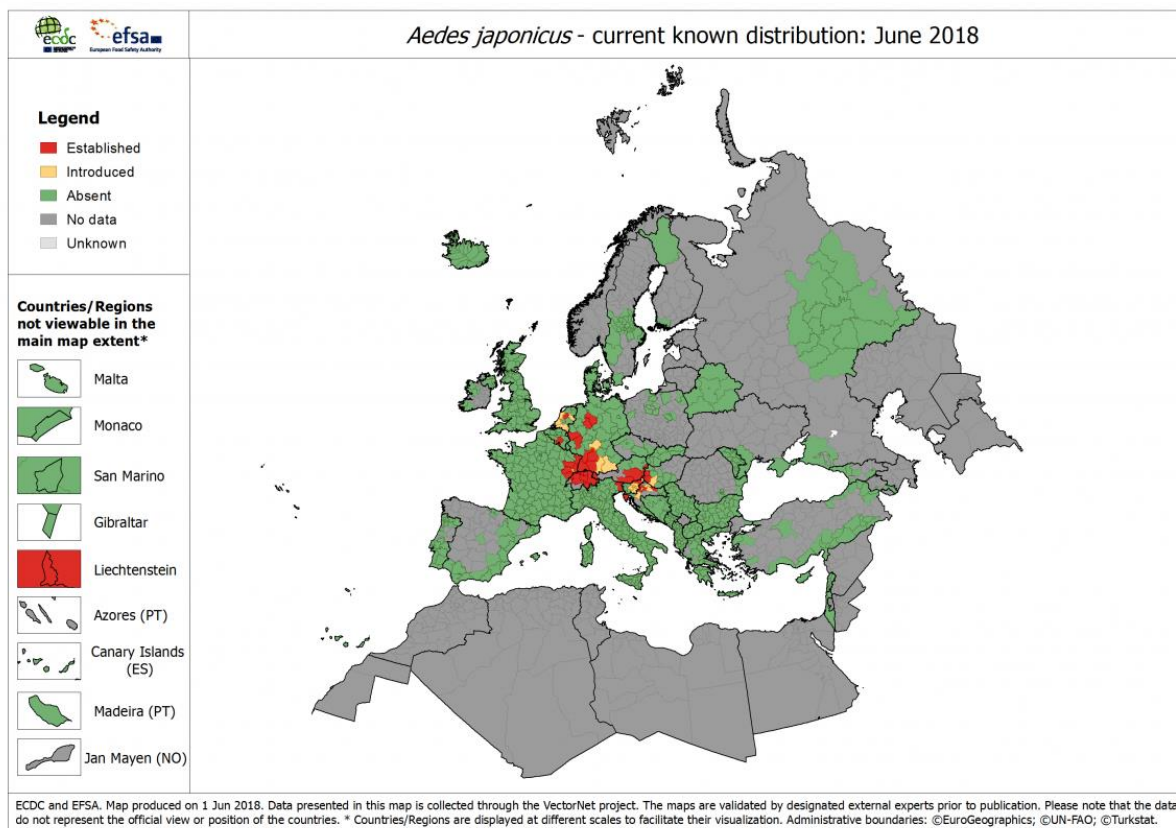


Abbildung 6: Verbreitung *Ae. Japonicus* in Europa (ECDC, 2018)

Culex: Die *Culex*-Gattung ist mit über 700 Spezies und ca. 30 Sub-Arten die umfangreichste der Welt. In Europa kommen fünf potenzielle invasive Arten der *Culex* vor: *Cx. theileri*, *Cx. univittatus*, *Cx. pipiens* (Abb. 10), *Cx. modestus*, *Cx. torrentium*. Im Zusammenhang mit MBDs steht die *Culex* besonders im Kontext mit Infektionen an Vögeln (Lundström & Pepper, 2010). Die Systematik innerhalb der Gattung ist kompliziert und unterliegt ständiger Veränderungen. Durch die vielfältigen unterschiedlichen Unterspezies, ist die Zuordnung von Feldmaterial kaum möglich (Harbach, 2011). Eine primäre Rolle bei der Übertragung von WNV in Europa spielt die einheimische *Cx. pipiens*. Ebenso nimmt sie eine kritische Rolle in der Übertragung

von SINV und USUV ein. Die „nördliche Hausmücke“ ist die weitverbreitetste Art und kommt in allen gemäßigten Zonen der Welt vor. Nach verschiedenen Laborstudien ist die *Cx. pipiens* auch Zika kompatibel und könnte somit eine zusätzliche potenzielle Gefährdung für Europa bedeuten (Brugman et al, 2018).

Anopheles: Mücken der *Anopheles*-Gattung sind besonders für die Verbreitung von Malaria bekannt, können aber auch andere Krankheiten übertragen, z.B. WNV. Sie sind zwischen Sonnenauf- und Sonnenuntergang aktiv und können sowohl drinnen als auch draußen gefunden werden. Die Weibchen ernähren sich von Menschen und von Tieren (Baylor College of Medicine, n.d.). Von den 460 Arten innerhalb der Gattung sind 70 dafür bekannt, Malaria zu übertragen, und ungefähr 40 haben eine Vektorkompetenz für Infektionskrankheiten. Ähnlich wie bei der *Culex* sind mehrere Malaria-Vektoren in eng verwandte Arten zusammengefasst, da sie morphologisch ähnlich sind, sich jedoch in der Biologie unterscheiden (Calzolari, 2016). Auf europäischer Ebene spielen die Spezies der *Anopheles maculipennis* (Abb. 9) eine Rolle: *A. atroparvus*, *A. labranchiae*, *A. plumbeus* und *A. sacharovi* (ECDC, 2014).



Abb. 7: *Ae. albopictus*



Abb. 8: *Ae. aegypti*



Abb. 9: *A. maculipennis*



Abb. 10: *Cx. pipiens*

3.4. Klimatrends in Europa

Zukünftige klimabedingte Folgen für die Gesundheit sind schwierig zu quantifizieren. Dies liegt zum einen an dem komplizierten Zusammenspiel zwischen klimatischen und nicht-klimatischen Faktoren und zum anderen an wetterempfindlichen Krankheitserregern und deren Anpassung an den Klimawandel. Darüber hinaus tragen Globalisierung und internationale Handelsrouten zur Verbreitung von Krankheitserregern und Vektoren bei. Nichtsdestotrotz kann die Überwachung von Wettervorhersagen dazu beitragen, epidemische Vorboten von vektorübertragenen Krankheitsausbrüchen aufzuspüren und damit Frühwarnsysteme für die Risikominderung zu unterstützen (Semenza & Suk, 2018). Auswirkungen des Klimawandels haben sich in der Vergangenheit bemerkbar gemacht: Die mittlere Oberflächentemperatur der Erde ist in den letzten 100 Jahren um $0,74 \pm 0,18$ °C gestiegen, während der weltweite Meeresspiegel seit 1961 um 1,8 mm pro Jahr gestiegen ist. Das arktische Meereis zieht sich um $2,7 \pm 0,6$ % pro

Jahrzehnt zurück (Semenza & Menne, 2009). Auch in Europa steigt die Durchschnittstemperatur stetig mit den größten regionalen und saisonalen Erwärmungsarten in Nordeuropa. Laut Kovats et al. 2014 gibt es seit 1980 die stärkste Erwärmung innerhalb Europas in Skandinavien. Der durchschnittliche Temperaturanstieg in Europa betrug bis 2012 ca. + 1,3°C gegenüber der vorindustriellen Zeit. Die EEA berichtet 2018 bereits von einer durchschnittlichen Jahrestemperatur zwischen 1,6°C und 1,7°C (2008-2017) der europäischen Landfläche über dem vorindustriellen Niveau und somit dem wärmsten Jahrzehnt seit Beginn der Aufzeichnungen. Die Rekordtemperaturen erreichte Europa im Jahr 2014. Darüber hinaus zeigen Klimarekonstruktionen, dass die Sommertemperaturen in Europa in den letzten drei Jahrzehnten (1988-2017) die wärmsten seit mindestens 2 000 Jahren waren und, dass sie signifikant außerhalb der natürlichen Variabilität liegen (Luterbacher et al., 2016).

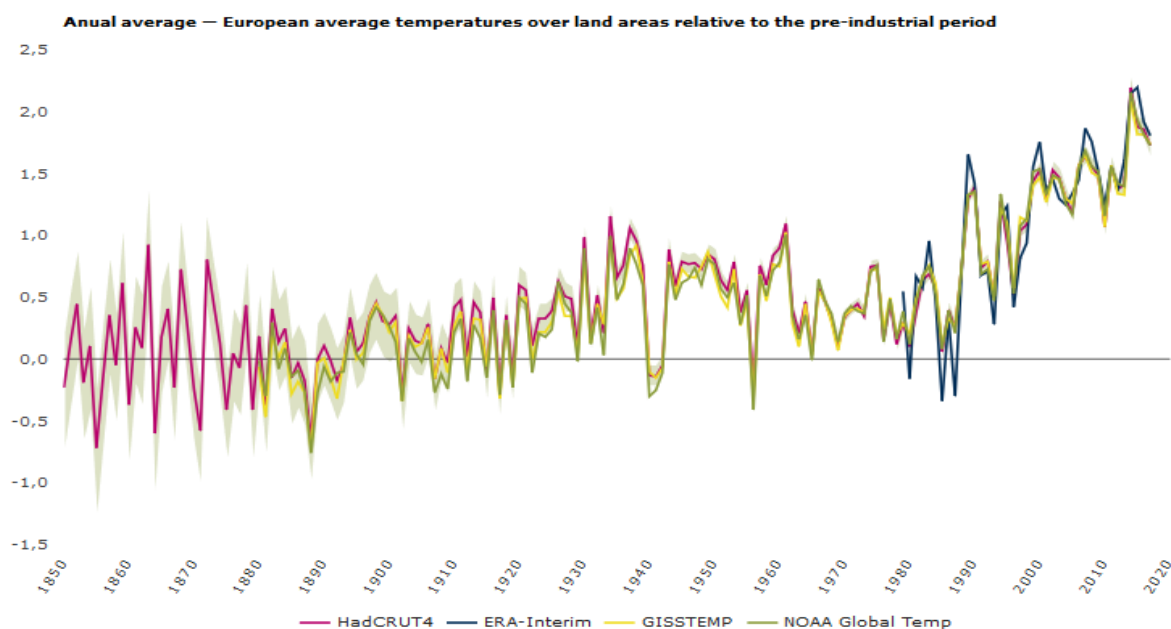


Abbildung 11: Jährliche Durchschnittstemperatur der europäischen Landfläche gegenüber dem vorindustriellen Niveau (EEA, 2018)

HadCRUT4: Climatic Research Unit and Met Office Hadley Center (Jones et al. 2012)

NCEI: NOAA National Climatic Data Center (Karl et al, 2015)

GISS: NASA Goddard Institute for Space Studies (Hansen et al. 2010)

In Europa war 2017 kälter als in den vorangegangenen 3 Jahren. Hochttemperaturextreme, wie beispielsweise heiße Tage, tropische Nächte und Hitzewellen haben sich seit den 1950er Jahren stark gesteigert, während extreme Kälteereignisse, wie Frost und Kälteperioden seltener geworden sind (Kovats et al., 2014). Im genannten Zeitraum hat sich der jährliche Niederschlag in Nordeuropa um 70mm pro Jahrzehnt erhöht, während er in Südeuropa gesunken ist (EEA, 2012). Dies hat zur Folge, dass auch das Flusswasser in Nordeuropa zunehmend hoch ist und

in Südeuropa und anderen Gebieten zu Trockenperioden führt. Die meisten Niederschlagsstudien zeigen eine Tendenz zu feuchteren Bedingungen in der nördlichen Hemisphäre während des 20. Jahrhunderts. Der Meeresspiegel steigt aufgrund von regionalen Landhebungen oder -senkungen an europäischen Küsten sehr unterschiedlich. Die Arktis, das grönländische Eisschild und auch Alpengletscher unterliegen einem signifikanten Rückgang mit einem prognostizierten fortlaufenden Trend. Die mittlere Windgeschwindigkeit hat in Europa abgenommen (EEA, 2012). Eine Zusammenfassung der Europäischen Umweltbehörde über die zukünftigen Klimaveränderungen und Einflüsse sind im Anhang 9 grafisch dargestellt.

3.5. Stechmückensituation in Deutschland

Auch „in Deutschland führt die globale Erwärmung zu wärmeren Wintern mit höheren Nachttemperaturen und zu heißeren, trockeneren Sommern“ (Hemmer et al., 2007). Diese Veränderungen, die Globalisierung und der internationale Handel führten in den letzten Jahren zu Veränderungen der Mückenspezies in Deutschland. Insgesamt kommen in Deutschland 50 verschiedene Mückenarten vor (Anhang 4), von denen sämtliche Vektorkompetenzen für verschiedene Pathogene besitzen (Becker et al., 2014). Seit 2011 wurden durch verschiedene Monitoring-Programme 8 nicht-endemische Mückenspezies in Deutschland registriert (Kampen et al., 2017). Unter anderem werden seit 2007 regelmäßig *Ae. Albopictus* und seit 2008 *Ae. Japonicus* in der Stechmückenpopulation nachgewiesen. *Ae. albopictus* ist wiederholt auf Autobahnraststätten und auf einem Umsteigebahnhof für Lastkraftwagen in Südwestdeutschland vorgefunden worden, was darauf hindeutet, dass der Import durch den Autoverkehr aus Mittelmeerländern erfolgt (Walther et al., 2017 nach Becker et al. 2013). *Ae. Japonicus* hat sich seit 2008, ausgehend von der Schweiz zunächst in Baden-Württemberg ausgebreitet und ist später über Nordrhein-Westfalen nach Niedersachsen vorgedrungen (Becker et al., 2014). Mittlerweile findet man *Ae. Japonicus* auch außerhalb bereits bekannter Gebiete im Osten und Norden Deutschlands. Ihre Verbreitung ist kontinuierlich (Kampen et al., 2017).

Ae. Koreicus wurde im Sommer 2015 und 2016 in Bayern entdeckt. Die Verbreitung innerhalb Deutschlands ist noch nicht nachweisbar. Nach Walther et al. 2016 ist nicht klar, ob es sich bei den gefundenen Exemplaren um einen Importfall oder das Ergebnis der lokalen Vermehrung zuvor importierter Mücken handele, woher die Vorfahren stammen (Belgien, Italien oder Asien) und wie die Vorfahren waren. Durch die starke Ähnlichkeit zur *Ae. Japonicus* wird von einem hohen Vektorpotenzial zu Arboviren ausgegangen und eine erfolgreiche Etablierung innerhalb der nächsten Jahre in Deutschland nicht ausgeschlossen (Walther et al., 2016). Auch das Vorkommen der Spezies der *Ae. Aegypti*, *Ae. pulcritaris* und *Ae. Berlandi* wurden innerhalb

eines Monitoring-Programms in Deutschland bestätigt. Es handelte sich hierbei jedoch um Einzelfälle und keine Etablierung (Kampen et al., 2017). Die zwei Arten *A. petragrani* und *Culiseta longiareolata* konnten erst kürzlich als in Deutschland etablierte Arten festgestellt werden. Während *A. petragrani* hauptsächlich im Süden Deutschlands, besonders im Schwarzwaldgebiet vorkommt, erstreckt sich die Verbreitung von *C. longiareolata* vom Süden aus bis nach Berlin (ebd. nach Becker 2016).

Aufgrund der erhöhten Investitionen in die Mückenforschung in Deutschland, haben sich in den letzten Jahren einige Monitoring- und Surveillanceprogramme entwickelt. Die Untersuchungen auf potenzielle Vektoren und Entwicklungsmöglichkeiten werden stetig erweitert. So wurden Stechmücken aus unterschiedlichen Teilen Deutschlands auf Krankheitserreger untersucht. Es „wurden sowohl humanpathogene Viren als auch humanpathogene Filarien nachgewiesen“ (Becker, 2014).

3.6. Rolle der Bevölkerung im Zusammenhang mit Vermeidungsstrategien

Zur Verhinderung von Infektionserkrankungen können verschiedene individuelle, zielgruppenspezifische und bevölkerungsbezogene Präventionsmaßnahmen dienlich sein (Abu Sin & Suttrop, 2008). In Hinblick auf MBDs zeigen verschiedene Studien signifikante Zusammenhänge zwischen ökonomischen und sozialen Entwicklungen der Bevölkerung und der Inzidenz von durch Stechmücken übertragene Krankheiten (Wasnik & Mehta, 2017). Hierbei ist das Kriterium des Bildungsgrades ebenfalls maßgeblich. Sämtliche Studien und Programme zeigen, dass die Einbindung der Bevölkerung in verschiedene Stechmücken-Kontrollmaßnahmen von hoher Wichtigkeit ist und das Risiko der Virenübertragung stark reduzieren kann. Auch das Bewusstsein für Stechmücken, ihr Fortpflanzungsverhalten, ihre Lebensweisen und präventives Impfverhalten gegenüber einigen Infektionskrankheiten kann Ausbrüche verhindern.

Auch Medlock et al. 2012 fordern als ergänzende Kontrollmaßnahmen für bereits unter Kapitel 3.3.1. beschriebene Ausbrüche innerhalb Europas, den Einbezug der Bevölkerung: „Die Informationsvermittlung über Risiken von invasiven Mückenarten und mit ihnen assoziierte Krankheiten können helfen den Kontakt zwischen Mensch und infizierter Mücke zu verringern. Für *Ae. Albopictus* und *Ae. Aegypti* gilt, dass die verfügbaren aquatischen Lebensräume in städtischen Gebieten weitgehend von menschlichen Aktivitäten beeinflusst sind (z.B. Abfallbehälter und Lagerung von Wasser), so müssten Kontrollmethoden auf diese Faktoren ausgerichtet sein“ (Jensen & Beebe, 2010). Die Informationsvermittlung über Stechmücken ermutigt und befähigt Menschen potenzielle Brutquellen in Häusern zu reduzieren, Schutzkleidung zutrage

und Mückenschutzmaßnahmen zu benutzen und so unterstützend Mückenpopulationen und Virusübertragungen zu reduzieren“ (Medlock et al. 2012).

Auch Becker et al. beschreiben als eine Vermeidungsstrategie die Reduktion des Kontaktes zwischen Vektor und Wirt (Becker et al., 2014). Dies steht im engen Zusammenhang mit der Rolle von öffentlichen Gesundheitseinrichtungen und –diensten und dem Einbezug der Bevölkerung in Hinblick auf Gesundheitserziehung.

4. Methodik

Aus der vorangegangene Literaturrecherche geht hervor, dass innerhalb Europas zunehmend Ausbrüche tropischer Krankheiten durch Stechmücken stattfinden und auch, dass das Auftreten und die Etablierung von invasiven und potentiell krankheitsübertragenden Mücken sich häufen. Um den Zielen der Arbeit gerecht zu werden, wurden sowohl Sekundärdatenanalysen als auch eine Felduntersuchung in Form einer empirischen Umfrage durchgeführt. Vom zuvor analysierten vorwiegend europäischen und nationalen Fokus, wird nun das Augenmerk auf die Metropolregion Hamburg gelegt, welches es in dieser Arbeit zu untersuchen gilt. Zunächst wurden literaturbasierend die Klimaentwicklung und die Klimaprognosen Hamburgs analysiert und anschließend deskriptiv dargelegt. In dem nächsten Schritt erfolgte durch eine Studie des BNITMs die Darstellung der Stechmückenpopulationen in Hamburg und die Bewertung der Gefährdung durch das Vorkommen und die Verbreitung auftretender bzw. nicht vorkommender invasiver Arten. Anschließend erfolgte eine empirische Datenerhebung und Analyse mittels Befragung in der Hamburger Bevölkerung.

4.1. Klimatische Entwicklungen und Prognosen

Die deskriptive Analyse der Klimadaten unter Abschnitt 5.1 der vorliegenden Arbeit erfolgte anhand der Daten des aktuellsten Hamburger Klimaberichts, herausgegeben durch H. Storch et al., 2018. Hierbei wurden, die für MBDs relevanten Einflussgrößen aus Tabelle 1 auf Seite 9-10 betrachtet. Dazu zählen Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, Windbewegung sowie mögliche Extremwetterereignisse. Im Folgenden wird die jeweilige Datengrundlage und Methodik der Einflussgrößen beschrieben. Der Hamburger Klimabericht *„beschreibt das Wissen über das Klima, den Klimawandel und die Klimawirkung im Großraum Hamburg, genauer: solches Wissen, das in wissenschaftlich legitimer Weise veröffentlicht worden ist und in Bibliotheken oder – im Ausnahmefall – im Internet eingesehen werden kann“* (zit. Storch et al., 2018). In der Methodik des Berichtes wird darauf hingewiesen, dass die Grundlage aus Szenarien und nicht auf Klimavorhersagen basiert. Szenarien stellen demnach Entwicklungen dar,

die „möglich, plausibel und naturwissenschaftlich konsistent sind, aber nur wahrscheinlich, wenn bestimmte Annahmen erfüllt sind“ (ebd.). Der Bericht betrachtet die Metropolregion Hamburg und die dazugehörigen Küstenregionen an Nord- und Ostsee (Abbildung 12).



Abbildung 12: Metropolregion Hamburg

Die Datengrundlage der ausgewerteten Einflussgrößen bilden Beobachtungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) aus dem Zeitraum von 1981-2010. Des Weiteren wurden die Ergebnisse mit den „Auswertungen im Norddeutschen Klimamonitor verglichen, welcher in einer Kooperation des Norddeutschen Küsten- und Klimabüros am Helmholtz-Zentrum Geesthacht mit dem DWD steht. Die Basis bilden die Reanalysen „coastDat“¹ und „coastDat2“, sechs Flächendatensätzen sowie 22 Messstationen des DWD-Messnetzes“ (Stand Oktober 2015, Meinke et al., 2014). Ergänzt werden die Ergebnisse des HBKs mittels eigener Recherchen durch das Onlinetool „Norddeutscher Klimamonitor“, da hier inzwischen Daten einschließlich 2015 vorliegen. So kann die Aktualität gewährleistet werden. Die Analyse wurde so gestaltet, dass für die jeweilige klimatische Einflussgröße der Durchschnittswert basierend von 1986-2015 angegeben wird. Darauf folgt eine Beschreibung der Entwicklungstrends der Durchschnittswerte von 1981-2015 im Vergleich zur Klimanormalperiode⁵ von 1961-1990. Anschließend wird die jeweils verfügbare Projektion beschrieben.

⁵ Zeitraum der Klimabeobachtung, der von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) auf 30 Jahre festgelegt wurde

4.2. Entwicklung und Verbreitung der Stechmückenpopulation

Die deskriptive Analyse der Stechmückenpopulation unterliegt der Studie „Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of metropolitan Hamburg, Germany“ des BNITMs von Krüger et al. aus dem Jahr 2014. Dies ist die aktuellste, frei-zugängliche Datengrundlage speziell für die Metropolregion Hamburg. Die Datensammlung erfolgte durch Feldforschung in Form von Mückenfallen. Insgesamt wurden 105 verschiedene Sammelorte in und um Hamburg gewählt (Abbildung 14). Mittels verschiedener Probenahmetechniken in verschiedenen Stadien (Adulte, Larven, Eier) wurde der Zeitraum von 2010-2014 beobachtet. Veränderungen des Auftretens von Arten wurden durch den Vergleich mit historischen Daten über diesen Zeitraum hinaus festgestellt. Die historischen Daten entspringen aus der Arbeit der ersten zusammenfassenden Aufzeichnungen von Preus 1935 (gesammelt durch Martini) und später von Zielke 1967-1968. Beide älteren Analysen berufen sich auf Sammlungen vor Ort und nicht auf die Sammlung mittels Mückenfallen (Krüger et al., 2014).

Nach der deskriptiven Ergebnisdarstellung der Studie, wurde verglichen, ob die im Hintergrundpart der Arbeit erwähnten, für Europa zunehmend von Bedeutung gewinnenden Stechmücken auch in Hamburg aufgefunden wurde. Des Weiteren folgte ein Abgleich mit der Arbeit von Norbert Becker 2014, in welcher in Deutschland vorkommende invasive und potentiell gesundheitsgefährdende Mücken gelistet sind.

4.3. Datenerhebung und Analyse der Bevölkerungsumfrage

Im Folgenden Abschnitt erfolgt die Methodenbeschreibung der Datenerhebung sowie der Datenanalyse und -auswertung auf Grundlage der Umfrage in der Hamburger Bevölkerung.

4.3.1. Studiendesign

Mit folgenden Fragen setzt sich die Studie auseinander: Welche Erfahrungen haben Personen der Hamburger Bevölkerung bereits mit Stechmücken gemacht? Welche Kenntnisse besitzen sie über Lebensweisen von Stechmücken und wie schätzen sie die zukünftige Gesundheitsgefährdung durch Mücken aufgrund von Klimaveränderungen ein? Ergreifen erfahrene und/oder aufgeklärte Personen eher zu Schutzmaßnahmen und schätzen das Gesundheitsrisiko anders ein, als jene, die es nicht sind? Um an Informationen dieser Fragestellungen zu gelangen, wurde eine Querschnittstudie in Form einer stichprobenartigen, anonymisierten Datenerhebung mittels Online-Umfrage durchgeführt. Die Form der standardisierten Online-Befragung sollte eine möglichst große Anzahl an Teilnehmenden generieren. Um das Erhebungsinstrument optimal an die Thematik der Arbeit anzulehnen, wurde ein bestehender Indikatoren-Fragebogen aus der Malariaforschung zu Rate gezogen. Dieser wird standardmäßig zu Malaria-Erhebungen auf

Haushaltsebene genutzt und besteht aus praxiserprobten Fragen und Methoden der Taskforce Agenturen „Roll Back Malaria“ (WHO, 2005). Hieraus wurden einige Fragen unverändert oder abstrahiert übernommen. Des Weiteren wurden messbare Variablen zur Risikoeinschätzung ergänzt. Der Online-Fragebogen wurde über das kostenlose Umfragetool „umfrageonline.com“ erstellt und war vom 19.10.2017 bis zum 27.11.2017 unter dem Link „<https://www.umfrageonline.com/s/stechmueckeinHH>“ verfügbar. Die Auswertung erfolgte durch das Statistikprogramm *IBM SPSS Statistics 24*, mit welchem auch einige Grafiken generiert wurden.

4.3.2. Stichprobenpopulation und -generierung

Die Grundidee der Befragung bestand darin keine bestimmte Gruppierung, sondern lediglich eine hohe Anzahl an Personen der Hamburger Bevölkerung, unabhängig von Alter, Geschlecht, Bildungsgrad etc. zu erreichen. So sollten möglichst viele Hamburger adressiert werden. Letztendlich erfolgte die Stichprobengenerierung durch drei Presseartikel: eine Online- und eine Printversion des *Hamburger Abendblatts*, ein Pressebericht der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (Anhang 5) und die Social-Media-Plattform *Facebook*. Dies sollte gewährleisten, dass ein möglichst breites Spektrum erreicht wird. Gleichzeitig induziert dieses Verfahren über die ausgewählten Medien jedoch, dass eine Abbildung der Grundgesamtheit nicht gegeben ist, da von vornherein der Internetzugang vorausgesetzt wird und das Erreichen nur als Leserin oder Leser des jeweiligen Mediums möglich war. Insgesamt wurde der Fragebogen von 289 Personen bearbeitet, wovon 9 Teilnehmende nicht vollständig geantwortet haben und dadurch in der Analyse nicht berücksichtigt werden. Die Altersverteilung hat eine Spannweite von 17 – 81 Jahren.

4.3.3. Messinstrument

Der Fragebogen setzt sich aus 13 Fragen und je nach Beantwortung einigen Unterfragen zusammen (Anhang 6). Die Zusammensetzung erfolgte durch größtenteils geschlossene Fragen und wenige offene Fragen. Die geschlossenen Fragen mit mehreren Antwortmöglichkeiten gewährleisten eine quantitative, leichter auszuwertende Analyse. Es werden sowohl Meinungs- als auch Wissensfragen verwendet. Zur Qualitätssicherung wurde ein Pretest mit 18 Personen durchgeführt. Diese kamen vorwiegend aus dem gesundheitswissenschaftlichen Fachbereich und prüften den entworfenen Fragebogen auf Übersichtlich- und Verständlichkeit sowie Aussagekraft. Dementsprechend wurden einige Optimierungen vorgenommen und die Einfachheit der Antwortmöglichkeiten generiert um spätere Analysen und Interpretationen einfacher gestalten zu können.

4.3.4. Datenanalyse

Zunächst wurde der Datensatz in das Statistikprogramm IBM SPSS 24 eingepflegt. Daraufhin wurden die Variablen benannt und das jeweilige Datenniveau festgelegt und überprüft. Die Beantwortung der Fragen 1-5 wurden im Ergebnisteil unter „demografische Zusammensetzung der Stichprobe“ zusammengefasst. Die Analysen der Fragen 6-9 wurden in die Kategorie „Kenntnisse“ und die Fragen 10-11 in „Erfahrungen“ eingeteilt. Frage 12 betrachtet die Verwendung oder Nicht-Verwendung inklusiver Begründung nach Schutzmaßnahmen gegen Stechmücken. Den Abschluss bildet Frage 13 mit der zukünftigen Risikoeinschätzung für Hamburg. Die Antworten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden zunächst nach Häufigkeitsverteilungen analysiert und deskriptiv ausgewertet. Nach der deskriptiven Auswertung werden Zusammenhänge mittels einer Korrelationsanalyse ermittelt. Hierbei gilt in Hinblick auf Abschnitt 3.6. die Rolle der Bevölkerung zu betrachten: Inwiefern sieht die Hamburger Bevölkerung eine zukünftige Gesundheitsgefährdung und schützen sich Personen, die die Gesundheitsgefährdung höher einschätzen oder mehr Erfahrung/Kennntnis über das Thema Stechmücken und MBDs haben mehr als andere?

Es wurden folgende Hypothesen aufgestellt, die es zu überprüfen galt:

H1: Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Risikoeinschätzung und der Verwendung von Schutzmaßnahmen.

H2: Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Einschätzung des Erkrankungspotentials durch einen Stich und der Verwendung von Schutzmaßnahmen.

H0: Es besteht jeweils kein Zusammenhang.

Um Zusammenhänge analysieren zu können, wurden die Variablen in SPSS numerisch umcodiert und mittels Kolmogrov-Smirnoff-Test und Shapiro-Wilk-Test wurde überprüft, ob eine Normalverteilung vorliegt, um anschließend einen geeigneten Korrelationstest zu ermitteln.

Da in beiden Fällen keine Normalverteilung vorliegt ($p < 0,001$) wurde ein non-parametrischer Rangkorrelations-Test mittels Spearman-Korrelation ausgeführt. Der Spearman-Test ermöglicht eine Rangkorrelationsanalyse und berechnet den linearen Zusammenhang zweier mindestens ordinal-skaliertes Variablen. Da stets der Zusammenhang zwischen zwei Variablen untersucht wird, wird von einem „bivariaten Zusammenhang“ gesprochen. Ein Ergebniswert von -1 entspricht einer negativen Korrelation, +1 einer positiven und 0 bedeutet kein Zusammenhang (Bortz & Döring, 2006).

Für die Hypothesentests nach Spearman ist die Voraussetzung zweier mindestens ordinal-skalierten Variablen mit diesem Datensatz nicht gegeben. Durch die Umcodierung der Variable Q7_r in die Antwortmöglichkeiten 0=nein und 1=ja, konnte das nominale Datenniveau jedoch quasi metrisch angepasst werden (Gupta, 2014). So konnten die Testvoraussetzungen erfüllt werden. Die Antwortmöglichkeit „vielleicht“ wurde herausgefiltert und in SPSS als „fehlend“ gelabelt, sodass nur Antworten mit einer deutlichen Haltung einbezogen wurden.

5. Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Anlehnung an die beschriebenen Zielstellungen der Arbeit unter Abschnitt 2 und der Methodik unter Kapitel 4. Der folgende Ergebnisteil ist in drei Hauptpunkte unterteilt. Als erstes wird ein Überblick über Klimatrends und Ergebnisse von Zukunftssimulationen, spezifisch für die Metropolregion Hamburg gegeben. Darauf folgen Ergebnisse einer Auswertung bereits vorhandener Studien über die Stechmückenentwicklung in Hamburg von 2010-2014. Der anschließende dritte Part beschreibt die Analyseergebnisse der eigenen Erhebung „Präsenz von Stechmücken in Hamburg“ durch eine Stichprobe in der Hamburger Bevölkerung.

5.1. Klimatische Bedingungen in Hamburg

Die folgenden Ergebnisse entspringen dem aktuellsten Hamburger Klimabericht 2018. Da sich im Klimabericht viele Daten auf den Zeitraum bis 2010 beziehen, wurden einige Ergebnisse mit Hilfe des Norddeutschen Klimamonitors ergänzt (standardisierte Daten bis 2015). Angelehnt an die beeinflussenden Faktoren von MBDs in Tabelle 1 (S. 9-10) werden im Folgenden die Ergebnisse der Stadt Hamburg in Kontext mit Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Windbewegung und potenziellen Extremwetterereignissen dargelegt.

5.1.1. Temperatur

Die durchschnittliche Temperatur in der Metropolregion Hamburg beträgt etwa 9,3°C. Die Spannweite erstreckt sich hierbei von 8,2°C bis 9,6°C (1986-2015). Die mittlere Lufttemperatur nach Jahreszeiten beträgt im Frühling 8,7°C (7,5°C - 8,9°C), im Sommer 17°C (16,6°C – 18,2°C), im Herbst 9,6°C (8,7°C – 10,1°C) und im Winter 1,9°C (0°C – 2,1°C). Die Temperaturen liegen im Frühling und Herbst dicht am Jahresmittelwert. Jährlich beträgt die Anzahl an Sommertagen⁶ 28 mit einer Spannweite von 18 bis 32 Tagen. Heiße Tage⁷ gibt es im Durchschnitt 5 mit einer Spannweite von 2 bis 7 Tagen. Tropische Nächte⁸ gibt es in Hamburg durchschnittlich an 0 Tagen mit einem Maximum von 4 Tagen jährlich. Sie kommen ausschließlich an Sommertagen vor und sind an der Küste häufiger als landeinwärts, wohingegen häufiger heiße Tage auftreten. Im Jahresdurchschnitt kommen etwa 68 Frost⁹- und 17 Eistage¹⁰ vor. Der letzte Frost im Frühjahr tritt im Mittel am 99. Tag des Jahres auf (März). Betrachtet man die

⁶ Anzahl der Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag 25 °C erreicht ($T_{max} \geq 25 \text{ °C}$)

⁷ Anzahl der Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag 30 °C erreicht ($T_{max} \geq 30 \text{ °C}$)

⁸ Anzahl der Tage, an denen die Minimumtemperatur nicht unter 20 °C sinkt ($T_{min} > 20 \text{ °C}$)

⁹ Anzahl der Tage, an denen die minimale Lufttemperatur unter 0 °C sinkt ($T_{min} < 0 \text{ °C}$)

¹⁰ Anzahl der Tage, an denen die maximale Lufttemperatur nicht über 0 °C steigt ($T_{max} < 0 \text{ °C}$)

Entwicklung von 1986-2015 hat sich die jährliche Durchschnittstemperatur um $+0,8^{\circ}\text{C}$ verändert (Abbildung 13). Die Spannbreite beträgt hierbei $+0,6^{\circ}\text{C}$ bis $+0,9^{\circ}\text{C}$. Der Trend der letzten 55 Jahre zeigt einen statistisch signifikanten Anstieg von $0,32^{\circ}\text{C}$ pro Dekade ($p < 0.05$). Bleibt dieser Trend bis Ende des 21. Jahrhunderts bestehen, bedeutet dies eine Zukunftsprognose von $+3^{\circ}\text{C}$, aufgrund Projektionen menschlicher Treibhausgasemissionen sogar zwischen $+1^{\circ}\text{C}$ und $+5^{\circ}\text{C}$ (Meinke et al. 2018).

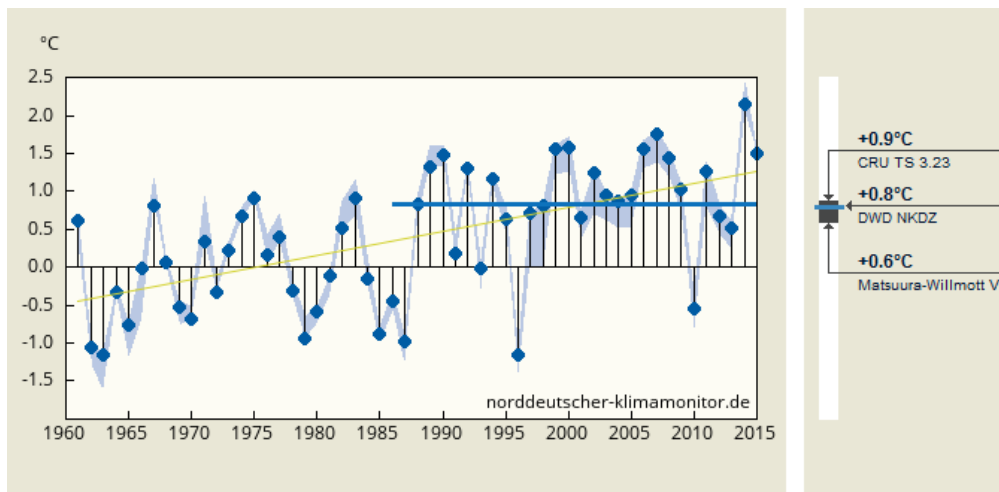


Abbildung 13: Entwicklung der durchschnittlichen Temperatur im Jahr von 1960-2015. Norddeutscher Klimamonitor

„Die Punkte der Zeitreihe zeigen jeweils die Differenz zum Klima der Klimanormalperiode 1961-1990. Mit der blauen Linie ist im Diagramm das Niveau des heutigen Klimas (1986-2015) gegenüber der Klimanormalperiode markiert. Die gelbe Linie im Diagramm zeigt den linearen Trend der letzten 55 Jahre (1961-2015)“ (Quelle: Norddeutscher Klimamonitor)

Weiterhin zeigt sich eine Häufigkeitszunahme von wärmeren Temperaturen sowohl durch eine höhere Anzahl an Sommertagen (+ 5 Tage durchschnittlich) als auch an heißen Tagen (+1 Tag durchschnittlich). Nach einer Untersuchung einer jährlichen 14-tägigen Hitzeperiode mit mindestens 30°C von Imbery et al. 2015, hat sich herausgestellt, dass im Zeitraum von 1950-2014 keine dergleichen vorkam, während ab 1994 dieses Phänomen viermal auftrat (Meinke et al. 2018 nach Imbery, 2014). Zukunftssimulationen prognostizieren für Hamburg bis 2100 einen Temperaturanstieg um 2°C bis mehr als 3°C , wobei die stärksten durchschnittlichen Zunahmen im Sommer und im Herbst mit bis zu 6°C und damit auch den größten Spannbreiten einhergehen können. Ebenfalls werden sehr kalte und kalte Tage im Winter als stark reduziert vorausgesagt, was einhergehend weniger Frost- und Eistage bedeuten würde. Die thermische Vegetationsperiode¹¹ wird durch eine höhere Anzahl an Tagen mit mehr als 5°C vorhersagend 2-10

¹¹ Anzahl an Tagen zwischen Vegetationsbeginn (= erstes Aufkommen von mindestens 6 aufeinanderfolgenden Tagen mit einer Durchschnittstemperatur über 5°C) und Vegetationsende (=Aufkommen von mindestens 6 aufeinanderfolgenden Tagen mit einer Durchschnittstemperatur unter 5°C im Winterhalbjahr) (Norddeutscher Klimaatlas)

Wochen früher eintreten und somit in den Januar bzw. Februar vorgezogen werden (vgl. Norddeutscher Klimaatlas 2018, Meinke et al., 2018).

5.1.2. Niederschlag

Der mittlere Niederschlag beträgt in Hamburg 713mm (1986-2015). Die Spannweite umfasst 634 – 836mm. Mit zunehmender Kontinentalität nimmt der Niederschlag vom Westen nach Osten Hamburgs ab (Rosenhagen & Schatzmann, 2011). Das Niederschlagsmaximum liegt in Hamburg im Sommer mit 235mm und das Minimum im Frühling mit 133mm. Die jährliche Durchschnittsmenge an Regentagen beträgt 136 Tage (Spannweite 129 – 166 Tage). Regenreiche Tage¹² gibt es in Hamburg durchschnittlich 19 pro Jahr. Sie sind relativ jahreszeitenunabhängig, jedoch im Sommerhalbjahr meist mit Gewittern verbunden. Innerhalb kurzer Zeit kann mehr als 100 mm Niederschlag fallen und für lokale Überschwemmungen sorgen. „Im Winterhalbjahr sind es oft über mehrere Tage andauernde Niederschlagsereignisse, in Kombination mit gesättigten Böden oder einer schmelzenden Schneedecke, die für Hochwasser in den Flüssen sorgen“ (Meinke et al., 2018).

Die Anzahl an Trockenperioden¹³ beträgt jährlich etwa 13 Tage, die längste davon dauert im Durchschnitt 21 Tage. Die Entwicklung der Niederschlagshöhe in Hamburg ist nicht signifikant in einem Trend zusammenzufassen und unterliegt starken Schwankungen. Dennoch bestätigen einige Studien eine Zunahme des jährlichen Niederschlags in Hamburg um ca. +3% (+6mm pro Dekade von 1961-2015). Im Frühling, Herbst und Winter weisen die Daten auf eine Zunahme der Niederschlagshöhe hin, während im Sommer eine Abnahme zu verzeichnen ist. Insgesamt hat sich die Häufigkeit von regenreichen Tagen im Sommer reduziert, im Herbst nehmen diese jedoch zu, womit auch eine Niederschlagserrhöhung im Generellen zu bemerken ist. Die Dauer an Trockenperioden hat vor allem im Frühling und Sommer zugenommen, die Anzahl hat sich jährlich betrachtet jedoch nicht wesentlich verändert.

Die Simulationsergebnisse für Hamburg zeigen bis zum Jahr 2100 gemäß den vergangenen Trends eine Zunahme von bis zu 58%, mit Einbezug verschiedener Treibhauszenarien eine Spannweite zwischen -45% (größtmögliche Abnahme) und +42% (größtmögliche Zunahme) (Norddeutscher Klimamonitor, 2018). Im Sommer sagen alle bisherigen Studien eine Veränderung zwischen -9% und +10% voraus. Abbildung 13 verdeutlicht die hohe Variabilität verschiedener Prognosen bezüglich Niederschlagsvorhersagen:

¹² Anzahl der Tage, an denen der gefallene Niederschlag (Schnee + Regenwasser) mindestens 10 mm beträgt

¹³ Folge von min. 6 zusammenhängenden Tagen mit einem Tagesniederschlag von unter 1 mm.

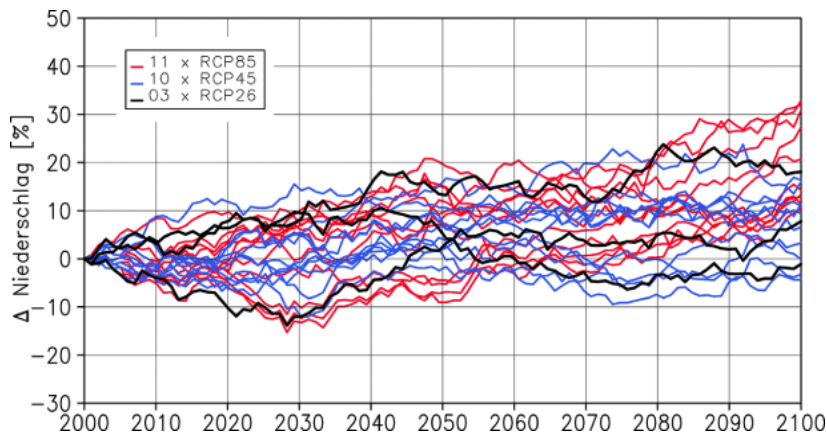


Abbildung 14: „Projizierte relative Änderungen der Niederschlagsmenge im Winter im Vergleich zu 1971–2000 als gleitendes 30-Jahres-Mittel [...] Hamburg von Jacob et al. 2014 (Abb. nach Rechid et al. 2014)“

5.1.3. Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit liegt in Hamburg im Jahresdurchschnitt bei etwa 81% (1986–2015). Hierbei ist sie im Sommer mit ca. 72% am geringsten und im Winter mit 89% am höchsten (Norddeutscher Klimamonitor, 2018). Aus dem Hamburger Luftmessnetz geht hervor, dass es starke regionale Unterschiede bezüglich der Luftfeuchtigkeit gibt. Zukunftsprojektionen werden im Hamburger Klimabericht und dem Norddeutschen Klimamonitor nicht getroffen.

5.1.4. Windbewegung

Die Analyse der Windbewegung in Hamburg zeigt eine hohe Variabilität, sowohl im chronologischen Verlauf wie auch in der Jahreszeit. Nach Weisse et al. 2015 zeigt sich seit 1960 eine Zunahme der mittleren Windgeschwindigkeit über der südlichen Nord- und Ostsee (Meinke et al., 2018). Auch die Analyse durch den Norddeutschen Klimamonitor zeigt eine leichte Zunahme der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit in Hamburg. Mit 4,2 m/s liegt sie 2% höher als während der Klimanormalperiode von 1961–1990. Die deutlichste Veränderung der Windgeschwindigkeit und auch der Sturmhäufigkeit ist hierbei im Winter zu bemerken. Insgesamt ist eine Zunahme der jährlichen Anzahl an Sturmtagen zu verzeichnen, wobei sich ab der 1980er Jahre wieder ein negativer Trend der Sturmhäufigkeit abzeichnet. Die Zukunftsmodelle bezüglich der Windbewegung im Hamburger Raum können dadurch keine signifikanten Aussagen treffen, da die Stärke natürlicher Einflussgrößen, wie beispielsweise die nordatlantische Oszillation (NAO) ungewiss ist. Aufgrund verschiedener Klimamodelle unterliegen auch die Simulationen der Windgeschwindigkeit starken Schwankungen. Bis zum Jahr 2100 liegt jedoch die Vermutung vor, dass starke jährliche Windbewegungen in Hamburg zunehmend aus west- und südwestlicher Richtung entstehen. Die jährliche Durchschnittsintensität von Stürmen wird mit einer Spannweite von -4% bis +4% angegeben. Der Konsistenztest von Sturmtagen sagt

bis 2100 eine Veränderung von -8 bis +14 Sturmtage für Hamburg voraus (Meinke et al., 2018 & Norddeutscher Klimamonitor, 2018).

5.1.5. Extremwetterereignisse und Stadtklima

Zusätzlich zu den signifikanten direkten Auswirkungen der Städte auf den globalen Klimawandel aufgrund von freigesetzten CO₂-Emissionen in erheblicher Menge, gibt es weitere indirekte Auswirkungen wie nicht-nachhaltigem Konsum, Verschmutzung und Abfallaufkommen. Daher weisen Experten darauf hin, dass eine wachsende Stadtbevölkerung auch den direkten Einfluss von Städten auf das regionale und globale Klima erhöhen dürfte (Leal et al., 2017). Auch im Hamburger Klimaberichts wird auf spezifische Eigenschaften der Stadt eingegangen und erläutert, wie diese in Zukunft Veränderungen und Extremwetterereignissen unterliegen können. „Aufgrund der Stadtstrukturen, der Veränderungen im Oberflächenenergiehaushalt und zusätzlicher Emission von anthropogener Wärme herrschen in städtischen Gebieten bodennah besonders bei Nacht höhere Lufttemperaturen. Die Werte können sich im Bereich von ein paar Grad im Monatsmittel bewegen und erreichen Werte von ca. 7 K in besonders ungünstigen autochthonen¹⁴ Wetterlagen“ (zit. nach Schlünzen et al. in von Storch et al., 2018). Je nach Wohnraum und Einwohnerzahl der Gebiete zeichnen sich auch in Hamburg z. B. Hinterlandüberschwemmungen, intensiverer Niederschlag, sehr trockene und warme Sommerperioden für die Mitte bis Ende des Jahrhunderts ab (ebd.).

Aufgrund hoher Investitionen in den Ausbau des Küstenschutzes, spielen laut Augustin et al 2018 Hochwasser- und Sturmflutereignisse in Hamburg im internationalen Vergleich eine geringe Rolle. Dennoch ist aufgrund, des durch den klimawandelbedingten Meeresspiegelanstieg nicht auszuschließen, dass auch der Wasserstand in den Mündungsbereichen von Hamburg ansteigt. So bemerkt Winkel 2011 eine Steigerung der Häufigkeit von Sturmflutereignissen und dem Sturmflutscheitelwasserstand in St. Pauli Hamburg innerhalb der letzten 40 Jahre (Klein et al., 2018 vgl. Winkel, 2011).

¹⁴ klarer Himmel, hohe Strahlungswirkung, niedrige groß-skalierte Druckgradienten

5.2. Stechmücken und MBDs in Hamburg

Die Ergebnisse von Krüger et al. 2014 zeigen ein Auftreten von 33 verschiedenen Mückenspezies aus insgesamt 105 Mückenfallen in und um die Stadt Hamburg. Von über 10.000 gesammelten Exemplare stammen etwa 7000 aus Fallen für adulte Stechmücken, 2800 aus dem Larven- und Puppenstadium und die Restlichen aus Fallen mittels Aspiratoren oder durch Menschen-gesammelte. Die 105 Sammelorte in Abbildung 14 wurden kategorisiert in städtisch (rot + schwarz), ländlich (hellgrün), Wald- (dunkelgrün) und Feuchtgebiete (orange). 38% der Fallen entfielen auf städtisches Gebiet, in

welchem insgesamt 24 verschiedene Spezies gefangen wurden (73%). 32% der Fallen befanden sich in ländlichen Gebieten, in welchem 29 verschiedene Spezies gefunden werden konnten (88%). Im Waldgebiet wurden 23 und im Feuchtgebiet lediglich 14 verschiedene Spezies gesammelt. 40% der Stechmücken konnten vier verschiedenen Speziespaaren bzw. Spezieskomplexen zugeteilt werden: dem *An. Maculipennis*- Komplex, *Ae. cinereus/geminus*, *Cx. pipiens/torrentium* und *Oc. annulipes/cantans*. *Cx. Pipiens* und *Oc. Cantans* sind die am

häufigsten gesammelten Exemplare und in allen der vier Gebiete vorkommend. Im Abgleich mit der historischen Stechmückenpopulation in Hamburg von Peus 1935 und Zielke 1970 entdecken Krüger et al. fünf neu-etablierte Spezies (*An. algeriensis*, *Cx. modestus*, *Oc. caspius*, *Oc. nigrinus* and *Oc. sticticus*). Drei andere Arten (*An. atroparvus*, *C. alascaensis*, *Oc.s excrucians*) hingegen konnten innerhalb des Forschungszeitraums 2010-2014 nicht mehr nachgewiesen werden. Sowohl *An. Algeriensis* als auch *Cx. modestus* und *Oc. Caspius* zählen zu den mediterranen Stechmückenarten und kommen meist ist Umgebungen mit einer hohen Salzkonzentration vor. Als bemerkenswert stellen Krüger et. al. das Auftreten von *Cx. modestus* heraus, welche nach Engler et al. 2013 als einer der Hauptvektoren für WNV in Europa verantwortlich ist. Die beiden übrigen neu-aufgetretenen Spezies *Oc. nigrinus* und *Oc. Sticticus* setzen Krüger et al. in Zusammenhang mit Überschwemmungen. Nach Becker et al. 2010 treten eben genannte

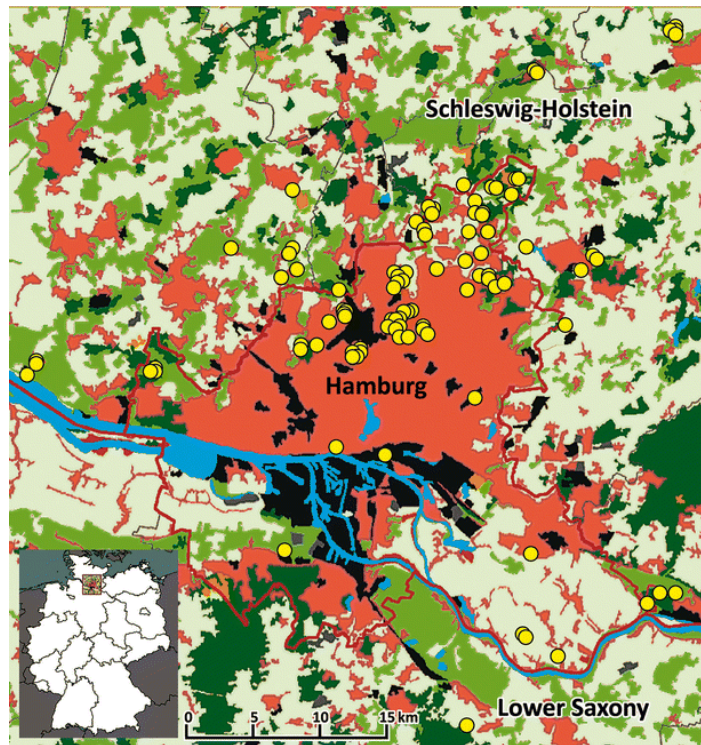


Abbildung 15: Verteilung der Sammelorte in Hamburg (Krüger et. al. 2014)

oft im selben Lebensraum wie *Ae. Vexans* auf, deren Auftreten als typisch in Überschwemmungsgebieten anzusehen ist.

Im Vergleich mit der Arbeit von Becker et al. 2014 (Anhang 7) zeigt sich, dass alle in Deutschland einheimischen Stechmücken, in denen Viren nachgewiesen werden konnten, ausnahmslos auch in der Metropolregion Hamburg auftreten (Anhang 8). Die potenziell gefährlichen und zunehmend in Europa etablierten *Ae. Albopictus* als auch *Ae. Japonicus*, wurden innerhalb des Untersuchungszeitraumes in Hamburg nicht ermittelt.

5.3. Bevölkerungsperspektive

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Online-Umfrage der Hamburger Bevölkerung abgebildet. Diese wurden in fünf Ergebnisbereiche unterteilt: Die demografische Zusammensetzung der erreichten Stichprobe, das abgefragte Wissen über einige Stechmücken-spezifische Themen, die Erfahrungen, die mit jenen gemacht wurden, ob und welche Schutzmaßnahmen ergriffen werden und schließlich die Einschätzung der Zukunftsperspektive in Hamburg in Hinblick auf klimatische Veränderungen und Stechmücken.

5.3.1. Demografische Zusammensetzung der Stichprobe

Insgesamt haben 289 Personen an der Umfrage teilgenommen, 9 davon wurden aufgrund unvollständiger Antworten oder Wohnort außerhalb des betreffenden Gebietes von der Analyse ausgeschlossen. 66,4 % der Befragten sind weiblich und 33,6 % männlich. Das Alter der Teilnehmenden hat ein Minimum bei 17 Jahren und ein Maximum bei 81 Jahren. Der Median beträgt 43 Jahre, der Modus (am häufigsten vorkommende Wert) 23 Jahre. 40,7 % (114) der Teilnehmerinnen und Teilnehmer gibt als höchsten Bildungsabschluss „Bachelor/Master“ an. 26,1 % (73) erreichten das Abitur und 23,1 % (66) der Befragten entfallen auf „Fachhochschule/Meister“, „mittlere Reife“ und „Hauptschulabschluss“. 9,6 % (27) geben „sonstiges“ an, wobei hier nicht differenziert werden kann, ob es sich um einen außerordentlich hohen oder niedrigen Bildungsabschluss handelt. Bezüglich des derzeitigen Beschäftigungsstatus geben 63,9 % der Studienteilnehmenden an beschäftigt zu sein. Bei 17,5 % handelt es sich um Studentinnen und Studenten, 11,8 % erweisen sich als Rentnerinnen und Rentner, 2,1 % Arbeitslose, 4,3 % Sonstige und eine Schülerin/ein Schüler.

277 Personen teilten Ihre Postleitzahl (PLZ) mit. Daraus geht hervor, dass 233 der Befragten aus Stadtteilen Hamburgs kommen, 44 Personen wohnen in Hamburgs Umgebung. Ein Maximum wurde im PLZ-Gebiet „21129“ erreicht, hier nahmen 27 Personen an der Umfrage teil.

5.3.1. Kenntnisse

93,9 % (263) der Teilnehmerinnen und Teilnehmer geben an, schon einmal von MBDs gehört bzw. sich darüber informiert zu haben. 17 Personen sind noch nie mit dem Thema in Berührung gekommen. Die meist-genutzte Informationsquelle waren hierfür „Nachrichten/Medien“, die von 240 Personen genutzt wurden. Darauf folgen „Gesundheitspersonal und Ärzte“ (96) und „Familie/Freunde“ (83). Über die Hälfte der Befragten gibt die Einschätzung an, dass Stechmücken ein wichtiges zukünftiges Thema in Hamburg werden können (52,5 %). Ca. 14 % verneinen dies, knapp 44% sind sich bezüglich dieser Frage unsicher. Eine sehr ähnliche Verteilung zeigt sich bei der Frage „Denken Sie es ist möglich hier in Hamburg Virusinfektionen / Krankheiten zu bekommen, welche durch Stechmücken übertragen werden?“: ca. 52 % antworteten mit „ja“, 19 % mit „nein“ und 29 % mit „vielleicht“.

98,6 % (276) der Teilnehmenden wissen, dass stehende Gewässer als Brutplätze von Stechmücken genutzt werden. Fließende Gewässer wurden dennoch von 27 Befragten als geeignete Brutquelle vermutet.

5.3.2. Erfahrung mit Stechmücken

Über 90% der Personen geben an in Hamburg Stechmücken gesehen zu haben bzw. schon einmal gestochen worden zu sein. Die anschließende Frage nach der Häufigkeit wurde wie folgt beantwortet: Das Maximum liegt mit ca. 40 % (111) bei „normal“, das Minimum mit 1,4% (4) bei „selten“. Die restlichen Antworten entfallen auf 19,6 % „eher selten“, 18,6 % „eher häufig“, 15,7 % „häufig“ und 5 % „unsicher“. Mehr als 74% schätzen somit das Auftreten mindestens „normal“ bis „häufig“ ein.

Die Befragten ordnen das Auftreten von Stechmücken und durch sie entstandene Stiche saisonal folgendermaßen ein: Am häufigsten wurden „Sommer“ mit 259 Antworten und „Herbst“ mit 133 Antworten ausgewählt. 71 weitere Antworten fielen auf den „Frühling“. 42 Personen (15 %) gaben an mindestens eine Erfahrung mit VBDs, zum Beispiel durch Reisen gemacht zu haben. 4 Personen stehen im Zusammenhang mit Dengue, WNV oder Malaria, 12 weitere geben lediglich „Mücken“ an. Ob es sich hierbei um Stiche oder Krankheitserfahrung handelt geht nicht hervor.

5.3.3. Schutzmaßnahmen

Fast 75 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer geben an Schutzmaßnahmen gegen Mückenstiche im eigenen Haushalt oder am Körper anzuwenden, dementsprechend 25 %, die dies nicht tun. Die meist-genutzten Schutzmaßnahmen sind Mückennetze (42 %) und Mückenabwehrsprays (45 %). 28 % geben an ihre Kleidung entsprechend anzupassen und wiederum 17 %

vermeiden bewusst potenzielle Brutplätze von Stechmücken. Des Weiteren wurden sämtliche andere Maßnahmen in Form von offenen Texten angegeben. Unter anderem kontrolliertes Lüftungs-/Lichtregulierung („Fenster auf nur mit Licht aus“) oder das Verwenden verschiedener Duftstoffe an Körper oder im Haushalt. Von den Befragten, die angeben keine Schutzmaßnahmen zu ergreifen, begründen 36 Personen dies mit „Ich glaube es besteht kein Risiko für mich“. 11 Weitere argumentieren entweder mit zu wenig Zeit oder zu wenig Wissen darüber, wie sie sich schützen können. Ein weiteres Argument keine Maßnahmen zu ergreifen, besteht laut einiger Teilnehmenden im Kosten-/Nutzenverhältnis. Demnach gibt es entweder wenig Mücken, wenig Mückenstiche und dementsprechend zu hohe Kosten.

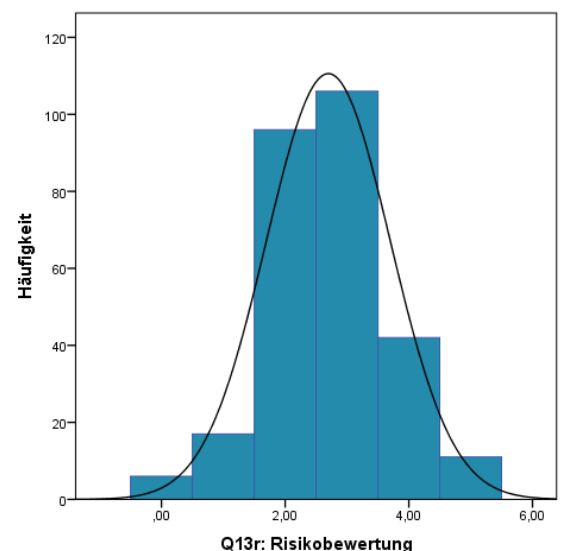
5.3.4. Zukunftsperspektive

Die abschließende Frage der Erhebung, erbat eine Einschätzung des gesundheitlichen Risikos durch Stechmücken aufgrund von potenziellen klimatischen Veränderungen in Hamburg. In Tabelle 3 wird zusammengefasst, dass knapp 38 % das Risiko „eher hoch“ und 15 % „hoch“ einschätzen. Kumuliert bedeutet dies, dass mehr als die Hälfte der Befragten das Risiko mindestens „eher hoch“ bewerten. Zusammen geben beinahe 42,5 % an, dass das Risiko in Hamburg eher gering bis sehr gering ist. Ca. 4 % sehen ein sehr ernstzunehmendes Risiko durch Stechmücken und klimatische Veränderungen in Hamburg.

Wie schätzen Sie ein gesundheitliches Risiko durch Stechmücken aufgrund der möglichen Veränderung von klimatischen Bedingungen in Hamburg ein?

| | Häufigkeit | Prozent | Gültige Prozente | Kumulierte Prozente |
|--------------|------------|---------|---------------------|------------------------|
| Keine Angabe | 2 | ,7 | ,7 | ,7 |
| eher gering | 96 | 34,3 | 34,3 | 35,0 |
| eher hoch | 106 | 37,9 | 37,9 | 72,9 |
| gering | 17 | 6,1 | 6,1 | 78,9 |
| hoch | 42 | 15,0 | 15,0 | 93,9 |
| sehr gering | 6 | 2,1 | 2,1 | 96,1 |
| sehr hoch | 11 | 3,9 | 3,9 | 100,0 |
| Gesamt | 280 | 100,0 | 100,0 | |

Tabelle 3: Risikobewertung der Bevölkerung



Die Werte der x-Achse im Histogramm der Risikobewertung entsprechen in aufsteigender Rangfolge den Angaben von sehr niedrig (1) bis sehr hoch (6). 0 entspricht keinen Angaben. Es stellt sich heraus, dass ein relativ unsicheres Einschätzungsverhalten der Teilnehmenden vorliegt.

5.3.5. Korrelationsanalyse

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse ergeben Folgendes: Mit Hilfe des Spearman-Test wurde ermittelt, ob Personen, die das zukünftige Gesundheitsrisiko durch Stechmücken in Hamburg höher einschätzen (Variable q13r) auch zuverlässiger Maßnahmen zum Schutz (Variable (q12r) gegen diese ergreifen. Sowohl ein einseitiger, als auch zweiseitiger Testdurchlauf ergeben eine Korrelation. Mit einem Wert von $r = 0,129$ und einer Signifikanz von $p=0.033$, ergibt sich ein schwacher, jedoch signifikanter Zusammenhang in der zweiseitigen Analyse (Tabelle 4). Die einseitige Analyse testet einen positiven Zusammenhang, d.h. je höher das zukünftige Gesundheitsrisiko eingeschätzt wird, desto höher ist auch die Bereitschaft Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Das Ergebnis beträgt $r=0,129$ bei einem p-Wert von 0,016. Auch hier zeigt sich ein schwacher, jedoch statistisch-signifikanter positiver Zusammenhang bei einem Signifikanzniveau von $p=0,05$. Personen, die keine Angaben zu den jeweiligen Variablen gemacht haben wurden von der Analyse ausgeschlossen.

| | | | q12r | q13r |
|----------------|------|-------------------------|-------|-------|
| Spearman's rho | q12r | Correlation Coefficient | 1,000 | ,129* |
| | | Sig. (2-tailed) | . | ,033 |
| | | N | 278 | 276 |
| | q13r | Correlation Coefficient | ,129* | 1,000 |
| | | Sig. (2-tailed) | ,033 | . |
| | | N | 276 | 278 |

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tabelle 4: Spearman-Korrelation: Zukünftiges Risiko und Schutzmaßnahmen

Die Fragestellung, ob es einen Zusammenhang zwischen der Antwort auf der Möglichkeit eine Krankheit durch Mücken in Hamburg zu bekommen und der Anwendung von Schutzmaßnahmen, kann nach der Auswertung mit SPSS verneint werden. Sowohl der Spearman-Test als auch die biserielle Korrelation ergeben keinen signifikanten Zusammenhang: $r = -0.026$, $p = 0.662$, bedeutet keine Signifikanz. Somit wird H2 verworfen und H0 angenommen.

6. Diskussion

In Anbetracht der Zielstellung der vorliegenden Arbeit werden in diesem Abschnitt die genutzten Methoden und gewonnenen Ergebnisse diskutiert. Anschließend wird erläutert, welche Erkenntnisse hierdurch gewonnen werden konnten und welche Limitationen vorlagen, um die Ergebnisse akkurat und kritisch betrachten zu können.

6.3. Methodendiskussion

Die verschiedenen genutzten Methoden bieten sowohl Chancen als auch Limitationen. Hinsichtlich der Klimaentwicklungen und -projektionen dient der Klimabericht der Metropolregion Hamburg 2018 von Storch et al. als aktuellste, zusammenfassende Arbeit auf diesem Gebiet. Besonders in Hinblick auf die Zukunftsprojektionen und die Auswertung der Entwicklungstrends durch sämtliche Experten auf dem Gebiet, konnten die Ergebnisse dieser Arbeit als gute Grundlage dienen. Es ist jedoch anzumerken, dass sich die Datenanalyse im Bericht meist auf den Zeitraum bis zum Jahr 2010 begrenzt, wodurch alle zeitlich folgenden Daten nicht mit in die Auswertung eingeschlossen wurden. Um mehr Aktualität zu gewährleisten, wurde das Onlinetool des Norddeutschen Klimamonitors genutzt. Hier war es möglich eine Datenauswertung bis einschließlich dem Jahr 2015 vorzunehmen. Ob eine noch aktuellere Datengrundlage andere Ergebnisse in Hinblick auf Zukunftsprognosen erbracht hätte ist unwahrscheinlich, aber nicht auszuschließen. Weiterhin muss besonders bei der Interpretation der Zukunftsprojektionen beachtet werden, dass diese aufgrund verschiedener Emissionsszenarien und Strahlungsantrieben erstellt wurden. So können je nach Grundlage der gewählten Szenarien, die Ergebnisse starken Schwankungen unterliegen. Ein Vergleich verschiedener Szenarien bleibt aufgrund des Umfangs dieser Arbeit aus.

Die deskriptive Analyse der Studie von Krüger et al. 2014 zur Stechmückenpopulation in Hamburg diente dem Überblick der in Hamburg vorkommenden Spezies. Auch diese Grundlage unterliegt nicht heutigen Aktualität, da sie einen Zeitraum von 2010-2014 betrachtet. Ebenso konnten keine aussagekräftigen Trends über die Entwicklung der Stechmückenpopulation ermittelt werden, da die herangezogenen Daten von historischen Sammlungen bzw. deren Verschriftlichung in 1935 und 1967/68 nicht mit den heutigen Sammelmethode gleichzusetzen sind. Dadurch kann es zu Verzerrungen in der Auswertung kommen. Auch kann aufgrund der Datensituation kein Zusammenhang mit klimatischen Einflussgrößen hergestellt werden. Nichtsdestotrotz gewährleistet die Arbeit einen Überblick über die vorkommenden Arten und die Eigenschaften der Verbreitungsstrukturen sowie über die Häufigkeitsverteilung der gesammelten Exemplare.

Die Erhebung in der Bevölkerung hat durch die Wahl einer Online-Bearbeitung einen, für die zur Verfügung gestandenen Mittel, hohen Stichprobenumfang erreichen können. Dennoch bleibt die Übertragbarkeit auf die Grundgesamtheit aus, da im Wesentlichen Leserinnen und Leser der Presseartikel und Nutzerinnen und Nutzer (hauptsächlich mit der Autorin in Verbindung stehende) der Plattform Facebook generiert wurden. Dies geht auch aus den Postleitzahlenangaben der Teilnehmenden hervor. Zwar wurde prinzipiell versucht, lediglich Bewohner der Metropolregion Hamburg zu erreichen, was auch in der Auswertung berücksichtigt wurde, jedoch kann von der angesprochenen Zielgruppe *Hamburger Abendblatt* und *HAW Themen dienst* eine gewisse Auslese erwartet werden. Für die deskriptive Analyse bietet das Messinstrument einen ausführlichen Überblick. Für wirkungsvolle Analysen in Hinblick auf Wissensgenerierung und Erfahrungsermittlung in Zusammenhang verschiedener Variablen sollten jedoch weitere statistische Analysen vorgenommen werden.

Insgesamt beleuchtet die vorliegende Arbeit verschiedene Aspekte und methodische Vorgehensweisen. Vereint werden von sekundärer Literaturanalyse mit anschließenden Vergleichen und Zusammenfassungen, Grundlagen verschiedener Modellierungsszenarien und Projektionen, bis hin zu einer empirischen Untersuchung. Dies verleiht den Ergebnissen eine besondere Dimension.

6.4. Ergebnisdiskussion

Die Entwicklung **klimatischer Bedingungen in Hamburg**, konnte mit Hilfe des aktuellsten Hamburger Klimabericht detailliert dargestellt werden. Besonders im Hinblick auf die MBDs-beeinflussenden Größen, konnte der Rahmen ebendieser gut eingegrenzt und aufschlussreich präsentiert werden. Insgesamt zeigt sich, dass es bei der Interpretation der Ergebnisse von höchster Bedeutung ist die jeweilige Datengrundlage, Methodik, die jeweiligen Referenzperioden und besonders das Modellierungsensemble zu beachten (Meinke et al. 2018). Wird dies nicht erfüllt, können Fehlinterpretationen nicht ausbleiben. Während die Einflussgrößen Temperatur und Niederschlag vor allem auch im Trendverlauf detailliert zusammengefasst werden können, sind die Luftfeuchtigkeit und auch die Windbewegung geprägt durch starke multidaktische Schwankungen. Dies erschwert präzise Vorhersagen auch für die Metropolregion Hamburg.

Die Temperaturergebnisse weisen in jeglicher Form einen Anstieg für das kommende Jahrhundert in Hamburg auf. In Hinblick auf MBDs kann dies zur Folge haben, dass sich Stechmücken schneller und in einer höheren Dichte entwickeln könnten. Eine Veränderung der Temperatur kann sich außerdem auch auf die Verbreitungsgebiete und das Vorkommen einzelner Arten

auswirken. Hierzu müssten allerdings tiefgreifende Analysen in der Entomologie und Ökologie der einzelnen Arten einbezogen werden. Als Vektor mit aquatischen Entwicklungsstadien ist der Blick auf die zukünftige Niederschlagsentwicklung und sämtliche, mit Regen und Wasser im Zusammenhang stehende Ereignisse besonders von Relevanz. Bei der Betrachtung der Niederschlagsresultate gestaltet es sich schwer, genaue Voraussagen zu treffen. Die großen Schwankungen mit verschiedenen Vorzeichen erwägen sämtliche plausible Trends. Hierdurch ist es jedoch nicht auszuschließen, dass eine Zunahme des Niederschlages in Sommermonaten in Hamburg auch Auswirkungen auf die Entwicklung von Stechmücken im Allgemeinen und auch verschiedene Spezies im Speziellen haben kann.

Die wagen Aussagen zur Entwicklung der Niederschläge stehen im engen Zusammenhang mit den Projektionen der Luftfeuchtigkeit. Da sich die Luftfeuchtigkeit vor allem indirekt auf Stechmücken, nämlich durch Veränderungen der Vegetation auswirkt (Tabelle 1), kann auch hier keine Begünstigung der Entwicklung oder Etablierung von invasiven Arten festgestellt oder abgelehnt werden. Auch bei diesem Aspekt bedarf es genaueren Aussagen zur Entwicklung der klimatischen Bedingung sowie zur Anpassung der Stechmücken. Der Einfluss von Extremwetterereignissen auf die Entwicklung von Vektoren ist hoch. So ist in der internationalen Literatur immer wieder ein Zusammenhang zwischen einer hohen Stechmückendichte und MBD-Ausbrüchen mit Überflutungen zu verfolgen. Der Anstieg der fließenden Gewässer wird in Hamburg nicht sonderlich hoch voraus prognostiziert. Überschwemmungen und Sturmereignisse können jedoch, gerade in Verbindung mit wärmeren Temperaturen einen Einfluss auf die Stechmückensituation bedeuten.

Die **Ergebnisse über die Stechmückenpopulation** in Hamburg zeigen, dass im Zeitraum der letzten 100 Jahre 36 Stechmückenarten angesiedelt waren. 2014 konnten 33 verschiedene Arten identifiziert werden, wovon 5 neu-etablierte Arten seit 2010 gefunden wurden und 3 Arten aus dem historischen Forschungen nicht mehr auffindig gemacht wurden. Es kann also durch die Studie von einer Veränderung der Mückenpopulation innerhalb der letzten hundert Jahre ausgegangen werden. Das bemerkenswerte Neuaufreten von *An. Algeriensis*, *Cx. modestus* und *Oc. Caspius*, welche für gewöhnlich in mediterranen Breitengraden auftreten, kann nicht zuletzt auch durch klimatische Veränderungen in Hamburg bedingt sein. Die Verteilung der Mücken nach Verbreitungsgebiet weist keine konkrete Verteilung bezüglich der Landbeschaffenheit auf (Krüger et al., 2014). Dennoch konnte herausgestellt werden, dass *Oc. nigrinus* and *Oc. Sticticus* und *Aedes vexans*, noch nie zuvor in einer solch hohen Dichte beobachtet wurden. Interessant ist zu erwähnen, dass diese Arten häufig mit Überschwemmungen assoziiert werden (sog.

floodplain-mosquitos) (Becker et al. 2010). Im Zusammenhang mit den Ergebnissen der klimatischen Projektionen könnte hierbei ein Zusammenhangsmaß vorliegen. Limitiert wird diese Beobachtung jedoch durch die historisch unterschiedlichen Sammeltechniken und dadurch, dass keine kontinuierliche Kollektion erfolgte. Eine detaillierte Entwicklung und Langzeittrends können daher nicht weiter vertieft oder verfolgt werden. Nach wie vor zählt die *Cx. pipiens* zum häufigsten gesammelten Objekt und damit der meistverbreiteten Mücke in Hamburg. In Bezug auf die Risikobewertung von MBDs in Zukunft in Hamburg, muss noch weiter erforscht werden, welchen Einfluss dies haben könnte. Nichtsdestotrotz bleibt zu erinnern, dass diese Gattung eine führende Vektorkompetenz in WNV, USUV und SINV einnimmt und neuste Laboruntersuchungen eine ZIKAV-Kompetenz feststellen konnten (Abschnitt 3.3.2). Hierbei müsste allerdings noch eine genauere Unterteilung in die verschiedenen Unterarten erfolgen, was bei der Studie von Krüger et. al. nicht konsequent möglich war, da die morphologischen Eigenschaften ebendieser schwer zu differenzieren sind (Krüger et al., 2014). Der Vergleich mit der Arbeit von Becker et al. 2014 in Tabelle 8 (Anhang 7) zeigt, dass die bis jetzt in Deutschland zirkulierenden Viren mit zugehörigen Vektoren allesamt in Hamburg zu finden sind. Dies assoziiert zwar einen kritischen Blick auf das zukünftige Risiko von Ausbrüchen, gibt jedoch keinen Aufschluss über die Stärke der potenziellen Gesundheitsgefährdung. In Anbetracht der Häufigkeiten des Auftretens der einzelnen Spezies muss als Limitation erwähnt werden, dass eine selektive Attraktivität für die verschiedenen Arten von Fallen vorliegt und so einige Verzerrungen in der Übertragung auf die Grundgesamtheit auftreten können.

Da, wie in der vorliegenden Arbeit bereits erwähnt, auch Importwege durch Handel und Reiseaktivität eine Rolle bei der Etablierung invasiver Mückenarten spielen, wurden neben den Ergebnissen der vorgestellten Studie auch eine Überwachung am Hamburger Flughafen und an zwei Blumenimportanlagen im Hamburger Hafengebiet mit einbezogen, die speziell auf die Erkennung von invasiven Stechmücken ausgerichtet waren (Becker et al., 2013). Die bis jetzt in Deutschland immer wieder entdeckten invasiven Arten *Ae. Japonicus* und *Ae. Albopictus* konnten während des Überwachungszeitraumes nicht in Hamburg festgestellt werden (Krüger et al., 2014). Um dies genauer zu untersuchen wäre eine aktuellere Datengrundlage von Bedarf: Besonders in Anbetracht der Tatsache, dass die Studie von Krüger et. al. fünf neue Stechmückenarten auf eine Etablierung innerhalb von fünf Jahren zurückführen konnte, bestärkt die Vermutung weiterer Mückenarten von 2014 bis 2018. Die Etablierung von *Ae. Japonicus* wurde 2013 in ca. 200 km Entfernung von Hamburg festgestellt (Werner & Kampen, 2013), wodurch eine gegenwärtige Ausbreitung in Hamburg nicht auszuschließen ist. Ein Zugriff auf freiverfügbare

Daten in dieser Form waren für die Autorin nicht realisierbar, wodurch sich eine Beobachtungslücke von 2014 bis heute ergibt. Auf weitere potenzielle Entwicklungen der Stechmückenpopulation konnte in diesem Rahmen der Arbeit nicht weiter eingegangen werden. Ein limitierender Betrachtungsaspekt für die Entstehung von Infektionsausbrüchen sind die hohen Standards der Hygiene und Gesundheitsversorgung in Hamburg. Zukünftig wäre es zusätzlich von Interesse die Landbeschaffenheit der Verbreitungsgebiete und auch das Brutverhalten der einzelnen Arten zu analysieren und die Auswertungen mit Klimaparametern in Verbindung zu bringen. Dies könnte weitere Prognosen über Veränderungen der Mückenspezies in der Metropolregion Hamburg und zusammenhängenden Gesundheitsgefährdung ermöglichen.

Die **Ergebnisse der Umfrage** in der Hamburger Bevölkerung dienten der Ermittlung von Erfahrungen mit – und Wissen über Stechmücken in Hamburg. Des Weiteren sollte herausgefunden werden, wie die teilnehmenden Hamburgerinnen und Hamburger das Risiko in der Zukunft einschätzen, durch Stechmücken Gesundheitsgefährdungen ausgeliefert zu sein. Die Einbeziehung der Bevölkerung spielt in Hinblick auf Vermeidungsstrategien von Infektionskrankheiten eine wichtige Rolle. Hinsichtlich des Stichprobenumfangs konnte mit einem $n=280$ eine gute Größe erreicht werden um statistische Analysen durchzuführen. Auch die Zusammensetzung der Teilnehmenden zeigt ein sehr breitgefächertes Bild, mit verschiedenen Alters- Bildungs- und Berufsstatus-Verteilungen. Diese Varianzen ermöglichen einen vielfältigen Blick auf die Analyse und geben den Ergebnissen eine Form von Validität und Repräsentativität. Dennoch bleibt, wie bereits in der Methodendiskussion aufgegriffen zu erwähnen, dass eine Verzerrung in der Stichprobe vorliegen könnte und die Übertragbarkeit auf die Grundgesamtheit aufgrund der Zugänglichkeit zu der Umfrage ausbleibt. Ebenfalls konnten durch die Presseartikel zur Generierung eine thematische Unbefangenheit der Teilnehmerinnen und Teilnehmer nicht mehr ausgeschlossen werden. Auch ein Bias durch Angaben nach der sozialen Erwünschtheit kann besonders bei Fragen nach Schutzmaßnahmen oder der Auseinandersetzung mit der Thematik „Stechmücken“ vorliegen.

Die deskriptive Analyse der Ergebnisse zeigt, dass ein großer Anteil der Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit dem Thema MBDs in Verbindung gekommen ist und hierbei besonders Medien einen Einfluss darauf hatten. Diese Antwort kann jedoch allein durch die zur Umfrage führenden Pressemitteilung initiiert sein und sollte daher nicht fehlinterpretiert werden. Entgegen der Erwartungen wussten fast 98% der Personen über die Brutquellen von Stechmücken Bescheid. Dieses Wissen kann in Bezug auf Vermeidungsstrategien von MBDs zukünftig nützlich sein und wird auch in der Malaria-Prävention als wichtiger Indikator eingesetzt.

Sämtliche Einschätzungen von Risiken durch Stechmücken der Bevölkerung in Hamburg, können als relativ unpräzise bzw. vorsichtig zusammengefasst werden. Sowohl die Frage nach einer möglichen Infektionsübertragung innerhalb Hamburgs als auch nach der zukünftigen Dimension der Thematik, werden häufig mit „vielleicht“ beantwortet bzw. eine annähernd 50% zu 50% Haltung eingenommen. Hier kann interpretiert werden, dass trotz der angeblich 98 prozentigen Auseinandersetzung mit der Thematik, allgemeine Unwissenheit bzw. große Meinungsverschiedenheiten über die möglichen und weniger vermuteten Gefahren vorliegt.

Die Daten zur Einschätzung der Saisonalität von Mückenstichen deckt sich grundlegend mit der in der Literatur beschriebenen Aktivität von Stechmücken. Die Häufigkeit des Gestochenwerdens wird von den Probanden wieder relativ neutral mit „normal“ bis „eher häufig“ und „eher selten“ beschrieben. Hierbei kann ein Erinnerungs-Bias nicht ausgeschlossen werden, da die Erhebung im Winter durchgeführt wurde.

Im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung und potenziell an Bedeutsamkeit gewinnenden Vermeidungsstrategien, werden den Fragen nach der Risikoeinschätzung und der Ergreifung von Schutzmaßnahmen eine besondere Relevanz zugesprochen. Während 75% angeben Schutzmaßnahmen in ihrem Haushalt bzw. am eigenen Körper zu ergreifen, zeigt die Auswertung der Einschätzung über die zukünftige Gesundheitsgefährdung eine sehr zweiseitige Haltung. Zwar schätzen knapp mehr über die Hälfte der Teilnehmenden das Risiko mindestens „eher hoch“ ein, dennoch bewertet ein nicht viel geringerer Anteil das Risiko eher unbedeutend. Auch diese Ausgangssituation kann allgemein betrachtet eher als Ungewissheit interpretiert werden und bestärkt die Vermutung eines Social-Bias¹⁵ in der Beantwortung zum Nutzen von Schutzmaßnahmen. Die angewendete Spearman-Korrelation weist trotz allem auf, dass es einen statistisch signifikanten positiven, schwachen Zusammenhang, zwischen den beiden Variablen gibt. Dieser kann durch die hohe Stichprobenanzahl begünstigt worden sein. Weitere signifikante Zusammenhänge konnten nicht ermittelt werden, was zuletzt auch auf die teilweise nicht-aussagekräftigen, neutralen Antworten zurückzuführen ist. Es muss betont werden, dass alle Ergebnisse aus den durchgeführten Korrelationen keinen Aufschluss über einen kausalen Zusammenhang geben.

¹⁵ Verzerrung durch soziale Erwünschtheit

7. Fazit und Ausblick

Das Vorkommen und die Verbreitung von Stechmücken ist unter anderem abhängig von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Verfügbarkeit von Blutwirten, Brutgewässern und der Entwicklungsgeschwindigkeit der verschiedenen Arten (Kampen, 2014). Wie diese Bedingungen hierfür in Hamburg gegeben sind, ist im Rahmen dieser Arbeit nur bedingt zu analysieren gewesen. In Anbetracht der Zielstellung der vorliegenden Arbeit (Abschnitt 2) können jedoch zusammengefasst folgende Erkenntnisse gewonnen werden: Während einige Klimatrends tendenziell zuverlässig zusammengefasst und vorausprojiziert werden können, unterliegen andere klimatische Größen hohen Schwankungen, sodass verschiedene Szenarien in eine umfangreiche Risikobewertung einbezogen werden müssten. Ebenso muss hierbei die zugrundeliegende Emissionssimulation beachtet und richtig interpretiert werden. Während die Projektionen über den Temperaturanstieg in Hamburg grundlegend als ein Risikopotenzial für die Verbreitung und Etablierung invasiver Stechmückenarten in Hamburg eingeschätzt werden kann, unterliegt die wichtige Einflussgröße Niederschlag so hohen Schwankungen, dass es nicht möglich ist verbindliche Aussagen zu treffen. Die Analyse von Extremwetterereignissen, wie Stürmen und Überschwemmungen in Verbindung mit hohen Temperaturen können jedoch als alarmierend in Bezug auf die Entwicklung von Stechmückenpopulationen eingeschätzt werden kann, da diese stets aus aquatischen Stadien hervorgehen. In Hinblick auf die europäischen MBDs-Trends und auch die vergangene Entwicklung in Deutschland, kann durch die immer annähernde Angleichung von klimatischen Bedingungen auch in Hamburg keine verlässliche Entwarnung gegeben werden.

Ein weiterer Faktor, der die Unsicherheit in diesem Kontext bestärkt, ist die Tatsache, dass die vorliegende Arbeit auf der Datengrundlage über Stechmücken bis einschließlich 2014 basiert. Ein aktuellerer Einblick war in dem Umfang nicht möglich und lässt daher eine Wissenslücke über möglicherweise neuangesiedelte Arten bis 2018 aufkommen. Hinzuzufügen ist, dass das Auftreten bzw. die Etablierung invasiver Arten mit Vektorkompetenz zwar das Risikopotenzial von MBDs erhöht, dennoch nicht zwangsläufig zu Ausbrüchen führen muss. Hierzu bedarf es auch immer einer infizierten Person, die von der vektorkompetenten Mücke gestochen werden muss (BNITM, 2017). Von Interesse könnte hierbei eine Analyse reisebedingter MBDs in Hamburg sein, welche dennoch diese aufgrund von asymptomatisch verlaufenden Infektionen limitiert sein könnten. Es bleibt zu erwähnen, dass Epidemien und die Etablierung von MBDs aufgrund des hohen Standards der Hygiene und Gesundheitsversorgung in Hamburg eher als unwahrscheinlich zu bewerten ist.

Die Datenerhebung im Rahmen einer Umfrage in der Hamburger Bevölkerung konnte besonders in der deskriptiven Analyse einen Querschnittsüberblick über interessante Faktoren in Verbindung von Population und Stechmücken geben. Insbesondere in Hinblick auf die Ergreifung von Schutzmaßnahmen und der Einschätzung von potenziellen Gesundheitsgefährdungen durch Stechmücken, kann die vorliegende Arbeit Erkenntnisse liefern. Kausale Zusammenhänge waren aufgrund der gewählten Messinstrumente und Auswertungsmethoden nicht möglich. Die Risikoeinschätzung betreffend zeigt die Studie, dass in der Hamburger Bevölkerung große Differenzen vorliegen bzw. viele Teilnehmende eher neutrale Antwortangaben bevorzugten. Daher bleibt im Zusammenhang mit Präventionsmaßnahmen gegenüber MBDs nur zu empfehlen in die Gesundheitsaufklärung und –information der Bevölkerung zu investieren. Wichtige Maßnahmen können in bewohnten Gebieten nach Becker et al. 2014 vor allem Beseitigung von potenziellen Brutstellen, angepasste Kleidung, Mückennetze und zeitweise chemische Bekämpfungsmaßnahmen. Die Einbindung der Bevölkerung benötigt ebenso weitere Investitionen in die Stechmückenforschung, um nicht nur reaktiv, sondern auch präventiv handeln zu können.

Zwar wird das gesteigerte Auftreten von MBDs in Europa in der zugrundeliegenden Literatur hauptsächlich mit einem gesteigertem Reise- und Handelsaufkommen, im Zuge der Globalisierung und weiteren anthropologischen Handlungen in Verbindung gebracht, der Kontext Klimawandel birgt aber eine zusätzliche Unsicherheit und veranlasst erhöhte Forschungsanforderungen. Zwar wurden auf der genutzten Datengrundlage nicht die bekannten, hochkompetenten *Ae. Albopictus*, *Ae. Japonicus* oder *Ae. Aegypti* nachgewiesen, welche in Europa Besorgnis erregen, dennoch kommen durchaus Arten mit Vektorkompetenzen vor. Während eine Etablierung von *Ae. Aegypti* literaturbasierend zunächst unwahrscheinlich ist, bleibt unklar inwiefern sich *Ae. Albopictus* und *Ae. Japonicus* verbreiten und auch an neue Voraussetzungen anpassen können. Auch Kampen empfiehlt 2014 aufgrund einer hohen Verbreitungswahrscheinlichkeit von einer hohen Mückenabundanz, Modelle zur Aufstellung von Risikoverbreitungskarten für zukünftige klimatische Szenarien. (Kampen, 2014). Zusätzliche Einflüsse, wie eine genauere Einstufung der Vektorkompetenz, den unterschiedlichen Brutbedingungen und auch möglichen Resistenzen und Überwinterungsverhalten verschiedener Arten zu analysieren, könnte hierbei aufschlussreich beisteuern.

Ein weiterer wichtiger Einfluss auf Klimawandelercheinungen und somit im weitergefassten Kontext auch auf MBDs ist das Setting Stadt. So können sämtliche Entwicklung der in der Stadt

auf tretenden Emissionen und der Stadtentwicklung an sich, gesundheitsrelevante Faktoren begünstigen. Auch hier kann eine aufgeklärte Bevölkerung sowie Investitionen in Stadtklima und Stadtentwicklung einen positiven Effekt für die öffentliche Gesundheit bewirken und das Risiko für durch Stechmücken übertragene Erkrankungen reduzieren.

V. Literaturverzeichnis

- Balbus, J., A. Crimmins, J.L. Gamble, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, S. Saha, and M.C. Sarofim, (2016). Ch. 1: Introduction: Climate Change and Human Health. *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 25–42. <http://dx.doi.org/10.7930/J0VX0DFW>.
- Baylor College of Medicine, (o.J.). Mosquito-borne diseases. URL: <https://www.bcm.edu/departments/molecular-virology-and-microbiology/emerging-infections-and-biodefense/mosquitoes>.
- Becker, N., Geier, M., Balczun, C., Bradersen, U., Huber, K., Kiel, E., Krüger, A., Lühken, R., Orendt, C., Plenge-Bönig, A., Rose, A., Schaub, G.A., Tannich, E. (2013). Repeated introduction of *Aedes albopictus* into Germany, July to October 2012. *Parasitol Res. Apr*; 112 (4):1787-90. doi: 10.1007/s00436-012-3230-1.
- Becker, N., Krüger, A., Kuhn, C., Plenge-Bönig, A., Thomas, SM., Schmidt-Chanasit, J., Tannich, E. (2014). Stechmücken als Überträger exotischer Krankheitserreger in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl* 2014 · 57:531–540. DOI 10.1007/s00103-013-1918-8. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.
- Becker, N., Petrić, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Kaiser, A. (2010). *Mosquitoes and their control*, 2nd edn. Springer, Heidelberg.
- Berrgren, A., Björkman, C., Bylund, H., Ayres, M., (2009). The distribution and abundance of animal populations in a climate of uncertainty. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17558>.
- BNITM (2017). Jahresbericht 2016/2017. URL: https://www.bnitm.de/fileadmin/media/de/documents/bibliothek/jahresberichte/JB_2016-17_Deutsch.pdf (Letzter Zugriff: 10.08.2018).
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. 4. Auflage. Heidelberg: Springer.
- Braks, M., van der Giessen, J., Kretzschmar, M. (2011). Towards an integrated approach in surveillance of vector-borne diseases in Europe. *Parasit Vectors*, 4, pp. 192-203.
- Calzolari, M. (2016). Mosquito-borne diseases in Europe: an emerging public health threat. *Reports in Parasitology* 2016:5 1–12. Dovepress journal. <http://dx.doi.org/10.2147/RIP.S56780>.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC) (2016). *Entomology & Ecology*. URL: <http://www.cdc.gov/dengue/entomologyecology/> (Letzter Zugriff: 10.06.2018).
- Center for Disease Control and Prevention (CDC) (o.J.). *Climate and Health*. URL: <http://www.cdc.gov/climateandhealth>. (Letzter Zugriff: 06.08.2018).
- ECDC European Centre for Disease Prevention and Control (2014). *Mosquito guidelines*. URL: www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/mosquito-guidelines/Pages/mosquito-guidelines.aspx (Letzter Zugriff: 10.06.2018).
- ECDC, (2014). *Aedes Japonicus – Facsheet for Experts*. URL: <https://ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/aedes-japonicus> (Letzter Zugriff: 07.08.2018).
- ECDC, (2015). *Rapid Risk Assessment: Chikungunya Case in Spain with-out Travel History to Endemic Areas*. URL: <http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/chikungunya-rapid-risk-assessment.pdf>. (Letzter Zugriff: 07.08.2018).

- ECDC, (2007). Mission report: chikungunya in Italy. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control, 2007. Available from: http://ecdc.europa.eu/en/healthtopics/documents/0709_chikungunya_fever_mission_report.pdf.
- EEA, (2016). Klimawandel in Europa ist offensichtlich und bestätigt dringende Notwendigkeit zur Anpassung. URL: <https://www.eea.europa.eu/de/pressroom/newsreleases/der-klimawandel-in-europa-ist/download.pdf>.
- Eis, D., Helm, D., Laußmann, D., Stark, K. (2010). Klimawandel und Gesundheit – Ein Sachstandsbericht. Hrsg.: Robert Koch-Institut, Berlin.
- FAO, WHO, (2008). Rift Valley Fever Outbreaks Forecasting Models. Rome, Italy. URL: http://www.who.int/csr/resources/publications/WHO_HSE_GAR_BDP_2009_2/en/ (Letzter Zugriff 09.07.2018).
- Frank, C., Faber, M., Hellenbrand, W., Wilking, H., Stark, K., (2014). Wichtige, durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten beim Menschen in Deutschland. Bundesgesundheitsbl 2014 DOI 10.1007/s00103-013-1925-9
- Gossner C., Ducheyne E., Schaffner F., (2018) Increased risk for autochthonous vector-borne infections transmitted by *Aedes albopictus* in continental Europe. Euro Surveill. 2018;23(24):pii=1800268. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2018.23.24.1800268>.
- Gratz N. (2006). Vector- and Rodent-borne Diseases in Europe and North America: Distribution, Public Health Burden and Control. New York, NY:Cambridge University Press.
- Gupta, G.K., (2014). Introduction to data mining with case studies.
- Harbach, R.E. (2011) Classification within the cosmopolitan genus *Culex* (Diptera: Culicidae): The foundation for molecular systematics and phylogenetic research. *Acta Tropica*, 120: 1–14.
- Hesson, J. C., (2014). Clearing up *Culex* Confusion. A Basis for Virus Vector Discrimination in Europe. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 1185. 56 pp. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis. ISBN 978-91-554-9044-7.
- Hubálek Z. (2008) Mosquito-borne viruses in Europe. *Parasitol Res.* 2008; 103(Suppl 1):S29–S43.
- Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) (2013). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA Pdf. p 15.
- Kampen, H. (2014): Wird die Malaria wieder eine Gefahr für Europa? In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffentl. (Kap. 3.2.2) - www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de.
- Kampen H.; Schuhbauer, A.; Walther, D. (2017). Exotic mosquito species in Germany—a synopsis after six years of mosquito monitoring (2011–2016). *Parasitol Res.* <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5619-3>.
- Kovats, R.S., R. Valentini, L.M. Bouwer, E. Georgopoulou, D. Jacob, E. Martin, M. Rounsevell, and J.-F. Soussana, (2014) Europe. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova,

- B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267-1326.
- Kraemer, M. U., Sinka, M. E., Duda, K. A., Mylne, A. Q., Shearer, F. M., Barker, C. M., Moore, C. G., Carvalho, R. G., Coelho, G. E., Van Bortel, W., Hendrick, G., Schaffner, F., Elyazar, I. R. F., Teng, H-J., Brady, O. J., Messina, J. P., Pigott, D. M., Scott, T. W., Smith, D. L., Wint, G. R. W., Golding, N., Hay, S. I. (2015). The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *eLife*: 4:e08347. 1-18. doi: 10.7554/eLife.08347.
- Krüger, A. (2014). *Aedes*-Arten als Überträger von Arboviren. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen*. 2. Auflage. Elektron. Veröffent. (Kap. 3.2.4).
- Krüger, A., Börstler, J., Badusche, M., Lühken, R., Garms, R., Tannich, E. (2014). Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of metropolitan Hamburg, Germany. *Parasitol Res*. 2014 Aug;113(8):2907-14. doi: 10.1007/s00436-014-3952-3.
- Lafferty, K.D. (2009). The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology* 90, 888–900 doi:10.1890/08-0079.1
- Leal, Filho W. (2016). Climate Change and Health: An Overview of the Issues and Needs. in: *Climate Change and Health – Improving Resilience and Reducing Risks*. Leal, W., Azeiteiro, U., Alves, F. (Hrsg.): Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-24660-4.
- Leal, Filho W., Icaza L.E., Neht A., Klavins M., Morgan E.A. Coping with the impacts of urban heat islands. A literature based study on understanding urban heat vulnerability and the need for resilience in cities in a global climate change context. *J. Clean. Prod.* 2017;171:1140–1149. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.086..
- Leal, Filho W., Echevarria Icaza L., Omeche Emanche, V., Quasem, Al-Amin A. (2017). An Evidence-Based Review of Impacts, Strategies and Tools to Mitigate Urban Heat Islands. *Int J Environ Res Public Health*. 2017 Dec; 14(12): 1600. Doi: 10.3390/ijerph14121600.
- Lindgren, E., Andersson, Y., Suk, J., Sudre, B., Semenza, J., (2012). Monitoring EU Emerging Infectious Disease Risk Due to Climate Change. *Science* 27 Apr 2012:Vol. 336, Issue 6080, pp. 418-419. DOI: 10.1126/science.1215735.
- Lühken, R., Pfitzner, W.P., Börstler, J., Garms, R., Huber, K., Schork, N., Steinke, S., Kiel, E., Becker, N., Tannich, E., Krüger, A. (2014) Field evaluation of four widely used mosquito traps in Central Europe. *Parasit Vectors*. Jun 12; 7 (1): 268. doi: 10.1186/1756-3305-7-268.
- Lundström, J.O., and Pfeffer, M. (2010) Phylogeographic structure and evolutionary history of Sindbis Virus. *Vector–Borne and Zoonotic Diseases*, 10(9): 889–907.
- Luterbacher et al., European Summer Temperatures since Roman Times, *Environmental Research Letters* 11, no. 2 (2016): 024001, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/2/024001>.
- The Lancet Infectious Diseases (2017). Climate change: the role of the infectious disease community. *The Lancet Infectious Diseases*, Volume 17, Issue 12, 1219. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30645-X](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30645-X).
- Marquardt, W., (2004). *Biology of Disease Vectors*. 2nd ed. Burlington, Canada: Academic Press.
- Medlock, J. M.; Hansford, K. M.; Schaffner, F.; Versteirt, V.; Hendrickx, G.; Zeller, H. & W. VanBortel (2012): A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 12: 435-447.

- Monazahian, M., Beyrer, K., Olbrich, S., Dreesman, J., (2016). Vektorübertragene Infektionskrankheiten. URL: <https://www.aekn.de/fortbildung/aktuelle-themen/vektoruebertragene-infektionskrankheiten/> Letzter Zugriff: 06.08.2018.
- Roiz, D., Neteler, M., Castellani, C., Arnoldi, D., Rizzoli, A. (2011). Climatic Factors Driving Invasion of the Tiger Mosquito (*Aedes Albopictus*) into New Areas of Trentino, Northern Italy', Public Library of Science ONE 6, no. 4 doi:10.1371/journal.pone.0014800.
- Roll Back Malaria Monitoring and Evaluation Reference Group, WHO, Unite Nations Children's Fund, MEASURE DHS, MEASURE Evaluation, and U.S. Centers for Disease Control and Prevention (2005). Malaria Indicator Survey: Basic documentation for survey design and implementation. Calverton, Maryland: MEASURE Evaluation.
- Schaffner, F., Mathis, A. (2014). Dengue and dengue vectors in the WHO European region: past, present, and scenarios for the future. *Lancet Infect Dis.* 2014;14(12):1271-80. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(14\)70834-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(14)70834-5).
- Schaffner, F., Kaufmann, C., Hegglin, D., Mathis, A. (2009). The invasive mosquito *Aedes japonicus* in Central Europe. *Med Vet Entomol.* 2009 Dec;23(4):448-51.
- Schliep, R., Bartz, R., Dröschmeister, R., Dziock, F., Dziok, S., Fina, S., Kowarik, I., Radtke, L., Schäffler, L., Siedentop, S., Sudfeldt, C., Trautmann, S., Sukopp, U., Heiland, S. (2017). Indikatoren-system zur Darstellung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. Bundesamt für Naturschutz. DOI 10.19217/skr470.
- Semenza, J.C., Menne, B. (2009): Climate change and infectious diseases in Europe. *Lancet Infectious Diseases*, 9(6), 365-375.
- Semenza, J., Suk, J., Estevez, V., Ebi, K.L., Lindgren, E. (2012): Mapping climate change vulnerabilities to infectious diseases in Europe. *Environmental Health Perspectives*, 120(3), 385-392.
- Semenza, J. C., & Suk, J. E. (2018). Vector-borne diseases and climate change: a European perspective. *FEMS Microbiology Letters*, 365(2), fnx244. <http://doi.org/10.1093/femsle/fnx244>.
- Smith, K.R., (2014). Human health; impacts adaptation and co-benefits. In Part A: global and sectoral aspects contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (eds Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, editors.), pp. 709–754 Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Suk, J., Semenza, J. (2011). Future Infectious Disease Threats to Europe. *Am J Public Health.* November; 101(11): 2068–2079. doi: 10.2105/AJPH.2011.300181.
- Sutherst, R. W. (2004). Global Change and Human Vulnerability to Vector-Borne Diseases. *Clinical Microbiology Reviews*, 17(1), 136–173. <http://doi.org/10.1128/CMR.17.1.136-173.2004>.
- von Storch, H., Meinke, I., & Claussen, M. (Eds.). (2018). *Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg*. Berlin: Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55379-4>.
- Tannich, E. (2014). Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung krankheitsübertragender Tiere: Importwege und Etablierung invasiver Mücken in Deutschland.
- Tippelt, L., Walther, D., Kampen, H.; (2017). The thermophilic mosquito species *Uranotaenia unguiculata* Edwards, 1913 (Diptera: Culicidae) moves north in Germany. *Parasitol Res* <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5652-2>.
- Umweltbundesamt, (2016). Klimawirkungsketten. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/klimawirkungsketten-umweltbundesamt-2016>.

- United Nations (UN) (o.J.). Sustainable development URL: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change-2/> (Letzter Zugriff: 07.06.2018).
- United Nations (UN) (2016): Report inequalities [<http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2016/10/report-inequalities-exacerbate-climate-impacts-on-poor>]. (Letzter Zugriff: 01.06.2018).
- United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat) (2013). Planning and design for sustainable urban mobility policy directions: Global report on urban settlements 2013.
- United States Environmental Protection Agency, (o.J.). Climate Impacts on Human Health. URL: https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-human-health_.html (Letzter Zugriff: 06.08.2018).
- USGCRP, (2016). The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. Crimmins, A., J. Balbus, J.L. Gamble, C.B. Beard, J.E. Bell, D. Dodgen, R.J. Eisen, N. Fann, M.D. Hawkins, S.C. Herring, L. Jantarasami, D.M. Mills, S. Saha, M.C. Sarofim, J. Trtanj, and L. Ziska, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 312 pp. <http://dx.doi.org/10.7930/J0R49NQX>.
- Waldock, J., Parham, P. E., Lelieveld, J., Christophides, G. K. (2014) Climate and Human Health: The Impact of Climate Change on Vector-Borne Diseases, Paphos, Cyprus (17–19 October 2012), Pathogens and Global Health, 107:8, 387-392, DOI: 10.1179/2047772413Z.000000000161.
- Walther, D., Scheuch, D.E., Kampen, H. (2017). The invasive Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Germany: local reproduction and overwintering. *Acta Trop* 166:186–192.
- Weaver, S., Reisen, W. (2010). Present and future arboviral threats. *Antiviral Res.* Feb;85(2):328-45.
- Werner, D., Kampen, H. (2013). The further spread of *Aedes japonicas japonicus* (Diptera, Culicidae) towards northern Germany. *Parasitol Res* 112:3665–3668.
- WHO, (o.J.). Health and Environment Linkages Initiative. URL: <http://www.who.int/heli/en/> (Letzter Zugriff: 06.08.2018).
- WHO, (2014). A Global Brief on Vector-borne Diseases [Document number: WHO/DCO/WHD/2014.1]. Geneva, Switzerland.
- WHO, (2015). Lymphatic filariasis. Fact sheet No 102 [updated May 2015]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs102/en/>. (Letzter Zugriff: 06.08.2018).
- WHO, (2016). History of malaria elimination in the European Region. Factsheet
- WHO, (2018). Climate change and health. Key facts. URL: <http://www.who.int/en/news-room/factsheets/detail/climate-change-and-health> (Letzter Zugriff: 07.07.2018).
- World Meteorological Organization (o.J.). Public Health. URL: <https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/public-health> (Letzter Zugriff: 06.08.2018).
- Zielke, E. (1970) Beobachtungen über die Zusammensetzung der Stechmückenfauna von Hamburg und Umgebung. *Entomol Mitt: zool Mus Hamburg* 4:97–124.

VI. Anhang

Anhang 1

| Family | Genus | Complex | Virus | Host | Distribution | Disease | Vector |
|--------------|------------------|---------------------|---------------------------------------|------|-----------------------|---------|-------------------|
| Togaviridae | Alpha | BF | Barmah forest (BFV) | M | Aus | A | <i>Culex</i> |
| Togaviridae | Alpha | Semliki forest (SF) | Ross river (RRV) | M | Aus | A | <i>Culex</i> |
| Togaviridae | Alpha | SF | O'nyong-nyong (ONNV) | U | A | A | <i>Anopheles</i> |
| Togaviridae | Alpha | SF | Chikungunya (CHIKV) | M | A, As, E | A | <i>Aedes</i> |
| Togaviridae | Alpha | SF | Mayaro (MAYV) | M | SA | A | <i>Haemagogus</i> |
| Togaviridae | Alpha | VEE | Venezuelan equine encephalitis (VEEV) | M | SA | N | <i>Culex</i> |
| Togaviridae | Alpha | EEE | Eastern equine encephalitis (EEEV) | B | NA | N | <i>Culiseta</i> |
| Togaviridae | Alpha | WEE | Western equine encephalitis (WEEV) | B | NA | N | <i>Culex</i> |
| Togaviridae | Alpha | WEE | Sindbis (SINV) | B | E, A | A | <i>Culex</i> |
| Flaviviridae | Flavi | JE | Kunjin (KUNV) | B | Aus | N | <i>Culex</i> |
| Flaviviridae | Flavi | JE | Murray Valley encephalitis (MVEV) | B | Aus | N | <i>Culex</i> |
| Flaviviridae | Flavi | JE | Japanese encephalitis (JEV) | B | As | N | <i>Culex</i> |
| Flaviviridae | Flavi | JE | St. Louis encephalitis (SLEV) | B | NA | N | <i>Culex</i> |
| Flaviviridae | Flavi | Ntaya | Rocio (ROCV) | B | SA | N | <i>Culex</i> |
| Flaviviridae | Flavi | JE | Usutu (USUV) | B | E, A | N | <i>Culex</i> |
| Flaviviridae | Flavi | JE | West Nile (WNV) | B | A, As, E, NA, SA | N | <i>Culex</i> |
| Flaviviridae | Flavi | DEN | Dengue (DENV) | H | A, As, Aus, E, NA, SA | H | <i>Aedes</i> |
| Flaviviridae | Flavi | Spondweni | Zika (ZIKV) | H | A, As | A | <i>Aedes</i> |
| Flaviviridae | Flavi | YF | Yellow Fever (YFV) | H | A | H | <i>Aedes</i> |
| Bunyaviridae | Phlebovirus | Sandfly fever | Rift Valley fever (RVFV) | M | A | H | Several spp |
| Bunyaviridae | Orthobunya virus | California (CAL) | La Cross (LACV) | M | NA | N | <i>Aedes</i> |
| Bunyaviridae | Orthobunya virus | CAL | Jamestown Canyon (JCV) | M | NA | N | <i>Aedes</i> |

| Family | Genus | Complex | Virus | Host | Distribution | Disease | Vector |
|--------------|------------------|---------|-------------------------------|------|--------------|---------|------------------|
| Bunyaviridae | Orthobunya virus | CAL | California encephalitis (CEV) | M | NA | N | <i>Aedes</i> |
| Bunyaviridae | Orthobunya virus | CAL | Snowshoe hare (SSHV) | M | NA | N | <i>Aedes</i> |
| Bunyaviridae | Orthobunya virus | CAL | Guarua (GROV) | U | SA | A | <i>Anopheles</i> |

Shadowed fields high-light bird hosted viruses.

Host: M: mammal, U: unknown, B: bird, H: human/primate.

Disease: A: arthralgia, N: neurological, H: hemorrhagic fever.

Distribution: A: Africa, As: Asia, Aus: Australia, E: Europe NA: North America, SA: South America,

Vector: Indicates the main identified genus involved in transmission.

Other mosquito-borne viruses with unclear human impact: Alpha viruses: Fort Morgan (FMV), Highlands J (HJV), Middelburg virus (MIDV), Ndumu virus (NDUV), Igbo-ora virus, Semliki Forest (SFV). Flavi viruses: Alfay (ALFV), Bagaza (BAGV), Banzai (BANV), Bussuquara virus (BSQV), Cacipacore virus (CPCV), Edge Hill virus (EHV), Gan Gan (GGV), Ilheus (ILHV), Kokobera (KOKV), Koutango virus (KOUV), Lammí (LAMV), Ntaya (NTAV), Rocio virus (ROCV), Sepik (SEPV), Spondweni (SPO), Stratford virus (STRV), Trubanaman (TRUV), Wesselsbron (WSBL), Yaounde virus (YAOV). Orthobunya viruses: Batai (BATV), Banyamwera (BUNV), Bwamba (BWAV), Cache valley (CVV), Garissa, Germiston (GERV), Ilesha (ILEV), Inkoo (INKV), Itaqi (ITQV), Lednice (LEDV), Madrid (MADV), Marituba (MTBV), Murutucu (MURV), Ngari (NRI), Nepuyo (NEPV), Oriboca (ORIV), Oropouche virus (OROV), Shuni virus (SHUV), Tahyna (TAHV), Wyeomyia (WYOV).

References: Tesh et al. 1999, Moraes et al. 2000, Figueiredo 2000, Vanlandingham et al. 2006, Aguilar et al. 2010, Weaver and Reisen 2010, Weissenböck et al. 2010, Cleton et al. 2012, Rust 2012.

Tabelle 5: Mosquito-borne viruses that cause symptomatic disease in humans by Hesson, 2014

Anhang 2

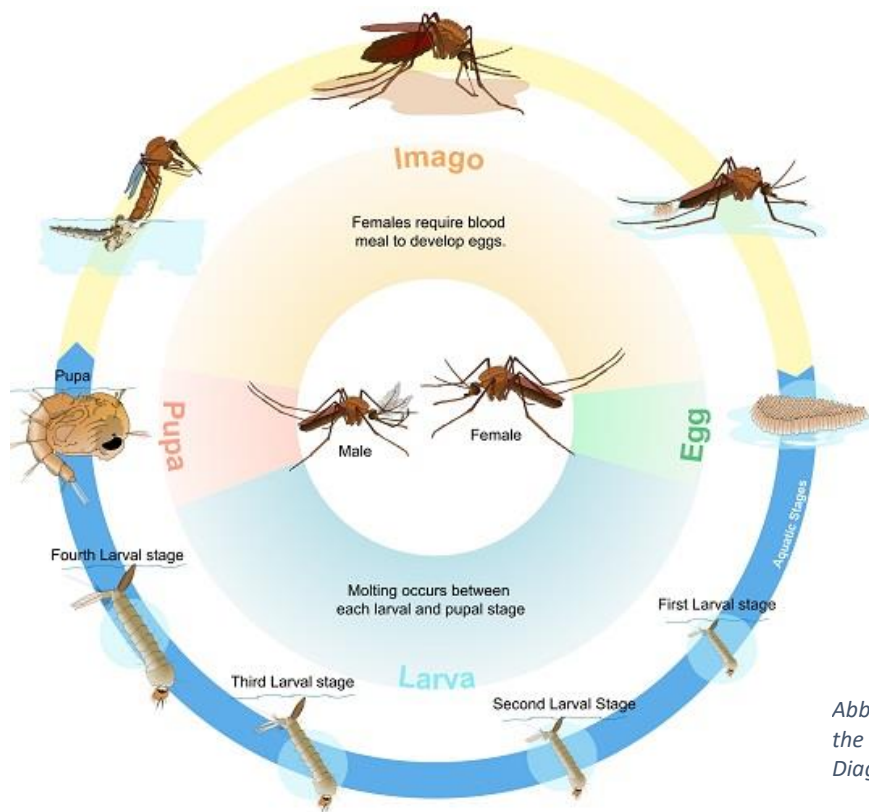


Abbildung: The life cycle of mosquitoes using the common house mosquito as an example. Diagram by Mariana Ruiz Villarreal

Anhang 3

| Virus genus | Virus name |
|-----------------|---|
| Alphavirus | Babanki (AF), Barmah Forest (AU), Chikungunya (AF, AS, AM, PPH, and HV), Eastern equine encephalitis (AM), Everglades (AM), Igbo Ora (AF), Mayaro (AM, PPH, and HV), O'nyon-nyong (AF, PPH, and HV), Ross River (AU), Semliki Forest (AF, AS, and PPH), Sindbis (EU, AF, and AU), Tonate (AM), Venezuelan equine encephalomyelitis (AM and HV), Western equine encephalitis (AM) |
| Flavivirus | Banji (AF), Bussuquara (AM and PPH), Cacipacore (AM), Dengue (4 serotypes; AS, AM, AF, PPH, and HV), Edge hill (AU), Ilheus (AM), Japanese encephalitis (AS), Kedougou (AF), Kokobera (AU), Koutango (AF), Murray Valley encephalitis (Alfuy; AU), Rocio encephalitis (AM), Sepik (AU), Sponsweni (AF), St Louis encephalitis (AM), Usutu (EU and AF), Wesselsbron (AF), West Nile fever (Kunjin) ; AF, AS, AM, AU, and EU), Yellow fever (AF, AM, PPH, and HV), Zika (AF, AS, AU, PPH, and HV) |
| Orthobunyavirus | Bunyawera* (Bunyamwera [AF], Germiston [AF], Guaroa [AM], Batai [Calovo; EU,AF, and AS], Ilesha [AF], Tensaw [AM], Maguari [AM], Shokwe [AF], Fort Sherman [AM], Ngari [AF]), Bwaba* (Bwamba [AF and PPH], Pongola [AF]), California encephalitis* (Jamestown Canyon [AM], Inkoo [EU]), La Crosse* [AM], Tahyna [EU, AS, and AF], Snowshoe hare encephalitis [EU and AM], Trivittatus [AM]), Caraparu* (Apeu [AM], Caraparu [AM and PPH], Ossa [AM]), Catu* (AM and PPH), Guama* (AM and PPH), Madrid* (AM), Marituba* (Marituba [AM and PPH], Murutucu [AM], Nepuyo [AM], Restan [AM]), Nyando* (AF), Oriboca* (Oriboca [AM and PPH], Itaqui [AM]), Shuni* (AM), Tacaiuma* (AM and PPH), ungrouped (Gan Gan [AU], Tataguine [AF], Tanga [AF], Bangui [AF]), Wyeomyia* (AM) |
| Phlebovirus | Rift Valley fever (AF), Arumowot (AF) |
| Orbivirus | Lebombo (AF), Orungo (AF and PPH) |
| Seadornavirus | Banna (AS) |
| Vesiculovirus | Piry (AM) |

Notes: Data from previous studies.^{3,5,6,28} Viruses of clinical importance are shown in bold. *Species according to ICTV serological criteria.⁸¹ Abbreviations: AF, Africa; AM, America; AU, Australasia; AS, Asia; EU, Europe; PPH, primates as possible host; HV, human viremia suitable for vector transmission.

Tabelle 6: Arboviruses transmitted by mosquitoes causing (or suspected to cause) disease in humans von Calzolari 2016

Anhang 4

| Virus | Primary Vertebrate Hosts | Principal Vectors | Medical/Veterinary Importance |
|--|---|--|---|
| Batai virus (Bunyaviridae) | Pigs, horses, ruminants, and isolations from wild birds. | <i>Anopheles maculipennis</i> s.l., <i>Anopheles claviger</i> (Meigen, 1804), <i>Coquillettidia richiardii</i> (Ficalbi, 1889) | Mild illness in sheep/ goats. Influenza-like illness in humans. |
| Chikungunya virus (Togaviridae) | Humans as primary reservoirs during epidemics. Non-human reservoirs include monkeys, rodents and birds. | <i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes albopictus</i> | Fever, joint pain (also chronic), occasional neurological involvement with some deaths reported. |
| Dengue virus (Flaviviridae) | Humans. | <i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes albopictus</i> | Serotype 1 recorded from Europe. Cases range from asymptomatic to severe haemorrhagic fever |
| Inkoo virus (Bunyaviridae) | Mountain hares. | <i>Aedes communis</i> (De Geer, 1776) | Influenza-like illness in humans. |
| Lednice virus (Bunyaviridae) | Birds, primarily of the order Anseriformes. | <i>Culex modestus</i> (Ficalbi, 1889) | Unknown, avian fatalities not recorded. |
| Sindbis/Sindbis-like viruses (Togaviridae) | Birds (Passeriformes), occasionally rodents and amphibians. | <i>Culex pipiens</i> , <i>Culex torrentium</i> (Martini, 1925), <i>Culiseta morsitans</i> (Theobald, 1901), <i>Coquillettidia richiardii</i> , <i>Aedes communis</i> , <i>Aedes excrucians</i> (Walker, 1856), <i>Aedes cinereus</i> (Meigen, 1818) and <i>Anopheles hyrcanus</i> s.l. | Sporadic illness in birds, including mortality in chickens. Fever, malaise and potentially chronic arthritis in humans, no mortality. |
| Snowshoe hare virus (Bunyaviridae) | Snowshoe hare, voles, lemmings. | <i>Aedes cinereus</i> , <i>Aedes vexans</i> (Meigen, 1830), <i>Aedes communis</i> , <i>Aedes punctator</i> (Kirby, 1837), <i>Aedes cataphylla</i> (Dyar, 1916), <i>Culiseta inornata</i> (Williston, 1893) and <i>Culiseta inopitens</i> (Walker, 1848) | Non-fatal encephalitis in horses. Fever and occasional CNS involvement in humans. |
| Tahyna virus (Bunyaviridae) | Brown hares, hedgehogs, rodents. | <i>Aedes vexans</i> | Influenza-like illness in humans with occasional CNS involvement. |
| Usutu virus (Flaviviridae) | Birds, particularly the Passeriformes. | <i>Culex</i> spp. including <i>Culex pipiens</i> | Avian mortality recorded in several species. Limited neuroinvasive cases reported from Italy. |
| West Nile virus (Flaviviridae) | Wild birds. Mammals including horses and humans incidental hosts. | <i>Culex pipiens</i> , <i>Culex modestus</i> , <i>Coquillettidia richiardii</i> | Limited avian mortality in Europe, equine febrile illness with ~25% mortality. Severe neurological disease in <1% human infections. |

Tabelle 7: Mosquito-borne viruses of medical and veterinary importance circulating in Europe. Involvement of *Culex pipiens* is highlighted using bold typeface von Brugman et. al. 2018

Anhang 5: Presseberichte zur Stichprobengenerierung

Themendienst

[Aktuelle Ausgabe](#) | [Archiv Forschung](#) | [Archiv News](#) | [Impressum](#) | [Newsletter abonnieren/abme](#)




Bild: Juliane Bönecke (Master of Science)

Stechmücken in Hamburg – Forschungsprojekt untersucht Auswirkungen auf die Bevölkerung

27.10.2017

Stechmücken sind vor allem in den Sommermonaten nicht nur Grund für Ärger, sondern können auch Überträger von Krankheiten wie etwa Malaria, Gelbfieber, Dengue-Fieber und sogar dem Zika-Virus sein. Weltweit sind Millionen von Menschen davon betroffen. Nun untersucht ein Forschungsvorhaben, wie der Klimawandel zur Verbreitung verschiedener Stechmücken in Hamburg führt.

Auch in Deutschland stellen Stechmücken ein zunehmendes Problem dar. Ein Grund ist der Klimawandel, der die Vermehrung von Stechmücken begünstigt. Krankheiten, die durch Stechmücken übertragen werden, können sich auf diese Weise schneller verbreiten.

Nun untersucht das Forschungsvorhaben rund um das Thema "Stechmücken in Hamburg", wie der Klimawandel die Verbreitung der Mücken beeinflusst. Das Team um Prof. Dr. Dr. Walter Leal führt das Projekt am Forschungs- und Transferzentrum für Nachhaltigkeit und Klimafolgenmanagement (FTZ-NK) an der HAW Hamburg durch. Erste Ergebnisse sollen im März 2018 vorliegen. Hintergrund ist ein bereits bestehendes Projekt des FTZ-NK, das sich mit dem Zika-Virus auf den Fidschi-Inseln befasst.

"Der Klimawandel hat weltweit große Auswirkungen auf sogenannte "vectore borne diseases". Die Faktoren Regen, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Extremwetterereignisse haben massiven Einfluss auf die Reproduktion, Überlebensdauer und Fressgewohnheiten der Vektoren, in diesem Fall der Stechmücken. Viele Krankheiten die weltweit durch Mücken entstehen, würden sich durch Schutz- und Präventionsmaßnahmen reduzieren, wenn nicht gar vermeiden lassen. Daher ist es in diesem Projekt besonders wichtig zu erfassen, wie das Bewusstsein und der Wissenstand der Bevölkerung überhaupt aussieht. Das Verantwortungsbewusstsein innerhalb unserer Bevölkerung ist eine der wichtigsten Komponenten für den Erfolg von Präventionsmaßnahmen", beschreibt Johanna Heimfarth die Intention des Forschungsprojekts.

Als Hilfswissenschaftlerin sowie Praktikantin ermittelt sie derzeit die Verbreitung von Stechmücken in Hamburg. Dabei werden nicht nur geografische und klimatische Faktoren ausgewertet. Mit dem Projekt soll ebenfalls das Bewusstsein der Hamburger Bevölkerung zum Thema „Stechmücken, übertragbare Krankheiten und mögliche Einflüsse durch den Klimawandel“ gefördert werden. Um möglichst viele Einwohner Hamburgs zu erreichen, wird dazu eine [Online-Umfrage](#) durchgeführt. Darin werden Hamburgerinnen und Hamburger zu ihren Erfahrungen mit Stechmücken und ihren Einschätzungen über die Verbreitung von Krankheiten in der Hansestadt befragt. (Autoren: Katharina Jeorgakopulos/Johanna Heimfarth)

Die Online-Umfrage ist zu erreichen unter: <https://www.umfrageonline.com/s/stechmueckeinHH>

Zur Person: Johanna Heimfarth studiert im 6. Fachsemester den Bachelorstudiengang Gesundheitswissenschaften. Ihr Forschungspraktikum absolviert sie derzeit im FTZ-NK mit anschließender Bachelorarbeit über das Thema "Klima & Gesundheit". Ihr Interesse gilt besonders den Zusammenhängen von Umwelt und Gesundheit aus dem Blickwinkel der Bevölkerung.

Kontakt:
Fakultät Life Sciences
Forschungs- und Transferzentrum für Nachhaltigkeit und Klimafolgenmanagement (FTZ-NK)
Johanna Heimfarth
[✉ Johanna.Heimfarth@haw-hamburg.de](mailto:Johanna.Heimfarth@haw-hamburg.de)
[✉ walter.leal2@haw-hamburg.de](mailto:walter.leal2@haw-hamburg.de)

Pressebericht HAW- Themendienst von Katharina Jeorgakopulos

54

Wie gut wissen Hamburger über Stechmücken Bescheid?



Stechmücken in Hamburg: Der aktuelle Wissensstand der Bevölkerung wird jetzt an der HAW Hamburg erforscht. Foto: picture alliance/Bildagentur-online

Neues Forschungsprojekt der HAW Hamburg verbindet Einfluss des Klimawandels auf Stechmücken mit Umfrage unter Bevölkerung.

Hamburg. An der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg (HAW) startete im Oktober ein neues Forschungsprojekt, das sich auf Stechmücken in Hamburg konzentriert. Dabei sind der Klimawandel genau so Bestandteil der Forschung, wie der aktuelle Wissensstand der Bevölkerung zum Thema Krankheiten, wie Malaria, Gelbfieber oder das Dengue-Fieber, die durch Stechmücken übertragen werden.

Vom Zika-Virus auf den Fidschi-Inseln zur Stechmücke in Hamburg

Das neue Projekt wird von HAW-Studentin Johanna Heimfarth betreut. Es ist an eine bestehende Forschung zum Zika-Virus auf den Fidschi-Inseln angegliedert, die das Forschungs- und Transferzentrum für Nachhaltigkeit und Klimafolgenmanagement der HAW unter Leitung von Prof. Dr. Dr. Walter Leal durchführt. Unterstützt wird die neue Untersuchung durch Ergebnisse des Bernhard-Nocht-Instituts für Tropenmedizin. Dieses beschäftigt sich ebenfalls intensiv mit dem Thema Stechmücken und rief dazu letztes Jahr im Februar das deutschlandweite Projekt „CuliFo“ zur Erforschung von Stechmücken ins Leben.

Onlineumfrage unter Hamburgern gestartet

„Ziel des neuen Forschungsprojektes ist es, zu zeigen wie sich der Klimawandel auf die Stechmücken in Hamburg auswirkt und ob mehr Präventions- und Informationsmaßnahmen für die Bevölkerung notwendig sind“, teilt Heimfarth dem Hamburger Abendblatt mit. Das Bewusstsein der Hamburger zu übertragbaren Krankheiten durch Stechmücken gilt es jetzt zu erforschen. Dafür sei Heimfarth jedoch auf die Mithilfe der Bevölkerung angewiesen. Jeder Hamburger, der an der [Onlineumfrage](#) des Projekts teilnimmt, verfeinere die Forschungsergebnisse. Diese werden voraussichtlich Ende März 2018 vorliegen.

Zur [Onlineumfrage](#) kommen Sie hier.

(*hplag*)

© Hamburger Abendblatt 2018 – Alle Rechte vorbehalten.



Präsenz von Stechmücken in Hamburg

Seite 1

Im Rahmen eines Forschungsprojekts im Studiengang Gesundheitswissenschaften an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg, gilt es das Thema Stechmücken in Hamburg zu erforschen. Im folgenden Fragebogen werden Ihnen diesbezüglich 13 Fragen gestellt. Bitte beantworten Sie die Fragen möglichst ehrlich und vollständig. Sie wären somit eine große Hilfe, den Wissensstand in der Hamburger Bevölkerung einzuschätzen. Die Bearbeitungszeit beträgt etwa 3-5 Minuten.

Sie bleiben bei der Teilnahme vollkommen anonym, da keine personenidentifizierenden Daten erhoben werden. Daher ist es nicht möglich, Rückschlüsse auf Ihre Person zu ziehen. Mit dem Beantworten der Fragen erklären Sie sich bereit, dass die Daten zur anonymen Auswertung verwendet werden dürfen.

Seite 2

1. Geschlecht

weiblich

männlich

2. Alter

3. Wie lautet Ihre Postleitzahl?

4. Was ist Ihr höchster Bildungsabschluss

kein Abschluss

Fachhochschule/Meister

Hauptschule

Bachelor/Master

mittlere Reife

sonstige

Abitur

5. Was ist Ihr derzeitiger Berufsstatus?

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="radio"/> SchülerIn | <input type="radio"/> RenterIn |
| <input type="radio"/> StudentIn | <input type="radio"/> arbeitslos |
| <input type="radio"/> Berufstätig | <input type="radio"/> sonstige |

Seite 3

6. Haben Sie jemals von durch Stechmücken übertragende Krankheiten gehört und/oder sich über Stechmücken informiert?

- ja
 nein

6.1. Wenn ja, woher bzw. welche Quellen haben Sie genutzt? (Mehrfachauswahl möglich)

- Familie / Freunde / Nachbarn
 Gesundheitspersonal / Ärzte
 Nachrichten / Medien
 andere

7. Denken Sie es ist möglich hier in Hamburg Virusinfektionen / Krankheiten zu bekommen, welche durch Stechmücken übertragen werden?

- Ja
 nein
 vielleicht

8. Denken Sie, das Stechmücken in den nächsten Jahren ein wichtiges Thema / Problem in Hamburg werden könnten?

- ja
 nein
 vielleicht

9. Was könnten Ihrer Ansicht nach geläufige Brutplätze von Stechmücken sein? (Mehrfachauswahl möglich)

- Müll/Abfall
- stehende Gewässer
- bewegende Gewässer
- lange Gräser

Seite 4

10. Haben Sie jemals im Hamburger Raum Stechmücken gesehen und/oder wurden von ihnen gestochen?

- ja
- nein

10.1. Wenn ja, wie schätzen Sie die Häufigkeit ein?

- häufig
- eher häufig
- normal
- eher selten
- selten

10.2. Können Sie das Auftreten von Stichen saisonal einordnen? (Mehrfachauswahl möglich)

- | | |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Frühjahr | <input type="checkbox"/> Winter |
| <input type="checkbox"/> Sommer | <input type="checkbox"/> ungefähr gleichbleibend |
| <input type="checkbox"/> Herbst | <input type="checkbox"/> ich weiß nicht |

11. Haben Sie selbst Erfahrung mit Reisekrankheiten gemacht, die mit sogenannten "Vektoren" (Mücken, Zecken, Fliegen, Läuse, etc.) in Verbindung stehen?

- ja
- nein

11.1. Wenn ja, mit welcher?

12. Wenden Sie Maßnahmen in Ihrem Haushalt / an Ihnen selbst an, um sich vor Stechmücken zu schützen?

- ja
 nein

12.1. Wenn ja, welche? (Mehrfachauswahl möglich)

- Mückennetze
 Mückenabwehrmittel / Mückenspray
 angepasste Kleidung
 bewusstes Vermeiden von potentiellen Brutplätzen
 andere

12.2. Wenn "nein", warum nicht?

- Ich glaube es besteht kein Risiko für mich.
 Ich habe keine Zeit mich mit Schutzmaßnahmen auseinanderzusetzen.
 Ich weiß nicht, wie ich mich schützen kann.
 Ich interessiere mich nicht dafür oder will mich damit nicht auseinandersetzen.
 andere

Seite 5

13. Wie schätzen Sie ein gesundheitliches Risiko durch Stechmücken aufgrund der möglichen Veränderung von klimatischen Bedingungen in Hamburg ein?

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="radio"/> sehr hoch | <input type="radio"/> eher gering |
| <input type="radio"/> hoch | <input type="radio"/> gering |
| <input type="radio"/> eher hoch | <input type="radio"/> sehr gering |

Seite 6

Vielen Dank für Ihre Teilnahme! Die Umfrage ist nun beendet.

» [Umleitung auf Schlussseite von Umfrage Online \(ändern\)](#)

Anhang 7

| Virus/Filarie | Erregerfamilie | Nachweise in Deutschland | Nachweise in folgenden Stechmückenspezies aus Deutschland | Krankheit | Inkubationszeit | Diagnostik: Krankheitswoche (KW)/Parameter/Material |
|---------------------------|----------------|------------------------------|---|--|-----------------|--|
| Tahyna-Virus | Bunyaviridae | 1968 1981 1995 | <i>Aedes vexans</i> | Valtice-Fieber | 5 bis 15 Tage | Ab 1. KW/IgG und IgM/Serum |
| Batai-Virus | Bunyaviridae | 2009 2012 | <i>Culex pipiens</i> <i>Culex torrentium</i> <i>Culiseta annulata</i> <i>Anopheles maculipennis</i> s.l. | Batai-Fieber | 5 bis 15 Tage | Ab 1. KW/IgG und IgM/Serum |
| Sindbis-Virus | Togaviridae | 2009 2012 | <i>Culex pipiens</i> <i>Culex torrentium</i> <i>Anopheles maculipennis</i> s.l. | Ockelbo-Krankheit Pogosta-Krankheit Karelisches Fieber | 2 bis 18 Tage | Ab 2. KW/IgG und IgM/Serum |
| Usutu-Virus | Flaviviridae | 2010 2011 2012 2013 | <i>Culex pipiens</i> <i>Culex torrentium</i> <i>Culex modestus</i> <i>Ochlerotatus cantans</i> <i>Aedes vexans</i> <i>Anopheles maculipennis</i> s.l. <i>Anopheles claviger</i> | Usutu-Fieber | 5 bis 15 Tage | 1. KW/RNA/Serum, Liquor, ab 2. KW/IgG und IgM/Serum |
| <i>Dirofilaria repens</i> | Onchocercidae | 2011 2012 2013 | <i>Culiseta annulata</i> <i>Aedes vexans</i> <i>Anopheles maculipennis</i> s.l. | Kutane Dirofilariose | 6 bis 10 Wochen | Mikroskopische und molekulare Analyse extirpierter Würmer aus Haut und Augen |

Tabelle 8: In einheimischen Stechmücken nachgewiesene humanpathogene Viren und Filarien von Becker et. al 2014

Anhang 8

Table 1 Summary of mosquito species records in metropolitan Hamburg 2010–2014

| Species | Total number of specimens collected (% of total) | Number of species-positive sites (% of all sites) | Inhabited Corine classes (simplified) | | | |
|--|--|---|---------------------------------------|-----|-----|-----|
| | | | I | II | III | IV |
| <i>Aedes cinereus/geminus</i> ^a | 224 (2.14) | 13 (12.38) | ++ | + | + | + |
| <i>Ae. cinereus</i> | 18 (0.17) | 7 (6.67) | + | + | ++ | |
| <i>Ae. geminus</i> | 5 (0.05) | 2 (1.90) | | [+] | | |
| <i>Ae. vexans</i> | 76 (0.73) | 11 (10.48) | ++ | ++ | + | + |
| <i>Anopheles algeriensis</i> | 15 (0.14) | 1 (0.95) | | | | [+] |
| <i>An. claviger</i> | 52 (0.5) | 9 (8.57) | ++ | ++ | + | + |
| <i>An. maculipennis</i> s.l. ^a | 43 (0.41) | 7 (6.67) | ++ | + | | + |
| <i>An. plumbeus</i> | 116 (1.11) | 2 (1.90) | [+] | [+] | | |
| <i>Coquillemdia richiardii</i> | 275 (2.63) | 16 (15.24) | ++ | ++ | + | |
| <i>Culex modestus</i> | 5 (0.05) | 2 (1.90) | [+] | [+] | | |
| <i>Cx. pipiens/torrentium</i> ^a | 3,796 (36.29) | 17 (16.19) | ++ | ++ | + | |
| <i>Cx. pipiens</i> | 1,237 (11.83) | 21 (20.00) | ++ | ++ | + | + |
| <i>Cx. pipiens Molestus</i> | 1 (0.01) | 1 (0.95) | | [+] | | |
| <i>Cx. territans</i> | 259 (2.48) | 12 (11.43) | +++ | + | + | |
| <i>Cx. torrentium</i> | 434 (4.15) | 18 (17.14) | ++ | ++ | + | |
| <i>Culiseta annulata</i> | 233 (2.23) | 13 (12.38) | ++ | ++ | + | |
| <i>Cs. fumipennis</i> | 2 (0.02) | 2 (1.90) | [+] | | [+] | |
| <i>Cs. morsitans</i> | 251 (2.4) | 20 (19.05) | ++ | + | + | + |
| <i>Cs. ochropatena</i> | 1 (0.01) | 1 (0.95) | | | | [+] |
| <i>Cs. subochrea</i> | 1 (0.01) | 1 (0.95) | | [+] | | |
| <i>Ochlerotatus annulipes</i> | 114 (1.09) | 16 (15.24) | + | ++ | + | |
| <i>Oe. annulipes/cantans</i> ^a | 541 (5.17) | 17 (16.19) | + | ++ | + | + |
| <i>Oe. cantans</i> | 1,409 (13.47) | 38 (36.19) | ++ | ++ | + | + |
| <i>Oe. caspius</i> | 2 (0.02) | 2 (1.9) | | | | [+] |
| <i>Oe. cataphylla</i> | 6 (0.06) | 4 (3.81) | [+] | [+] | [+] | |
| <i>Oe. communis</i> | 570 (5.45) | 14 (13.33) | + | ++ | + | |
| <i>Oe. detritus</i> | 93 (0.89) | 1 (0.95) | | [+] | | [+] |
| <i>Oe. diantacus</i> | 1 (0.01) | 1 (0.95) | | | [+] | |
| <i>Oe. dorsalis</i> | 90 (0.86) | 1 (0.95) | | | | [+] |
| <i>Oe. flavescens</i> | 2 (0.02) | 2 (1.90) | | [+] | | |
| <i>Oe. geniculatus</i> | 301 (2.88) | 9 (8.57) | ++ | ++ | + | |
| <i>Oe. nigrinus</i> | 2 (0.02) | 1 (0.95) | | | [+] | |
| <i>Oe. leucomelas</i> | 2 (0.02) | 1 (0.95) | | [+] | | |
| <i>Oe. punctor</i> | 172 (1.64) | 16 (15.24) | + | ++ | + | + |
| <i>Oe. rusticus</i> | 98 (0.94) | 10 (9.52) | + | ++ | + | |
| <i>Oe. sticticus</i> | 12 (0.11) | 5 (4.76) | ++ | ++ | + | |
| Total | 10,459 (100.00) | 105 (100.00) | 24 | 29 | 23 | 14 |

Species found in less than five sites are in square brackets

I/urban, II/rural, III/forest, IV/wetland (simplified Corine classes), + in \geq 33 % of all sites, ++ in 33–66 % of all sites, +++ in \geq 66 % of all sites

^aInseparable species couples due to lack of morphological differences and/or had state of specimens

Tabelle 9: Ergebnisse von Krüger et. al. in: Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of metropolitan Hamburg, Germany 2014

Anhang 9

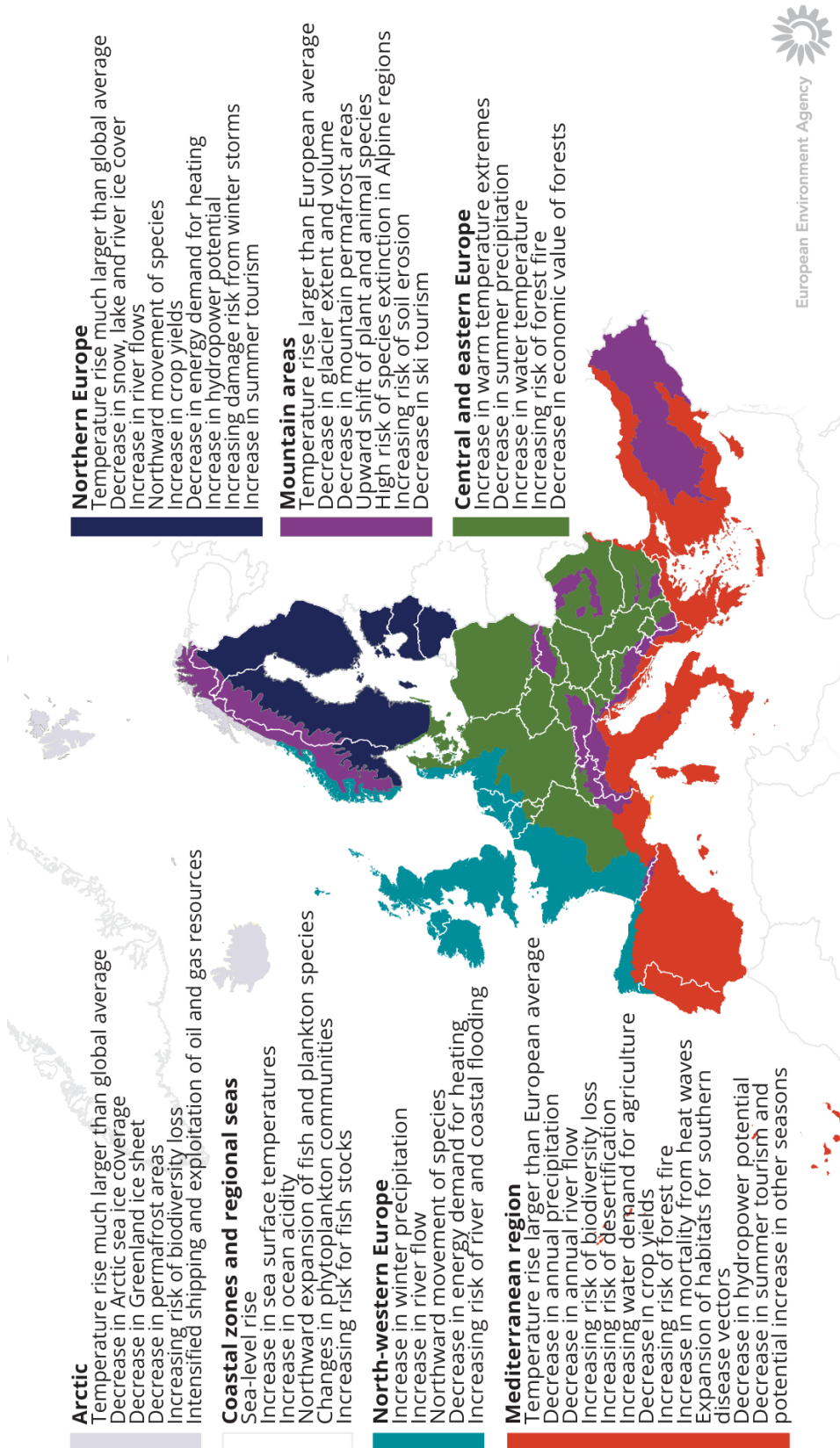


Abbildung: Climate change impacts in Europe von EEA 2016

VII. Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit „Auswirkungen des Klimawandels auf durch Stechmücken übertragene Infektionskrankheiten – Eine Risikobewertung für Hamburg“ ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den 16.08.2018

Johanna Heimfarth